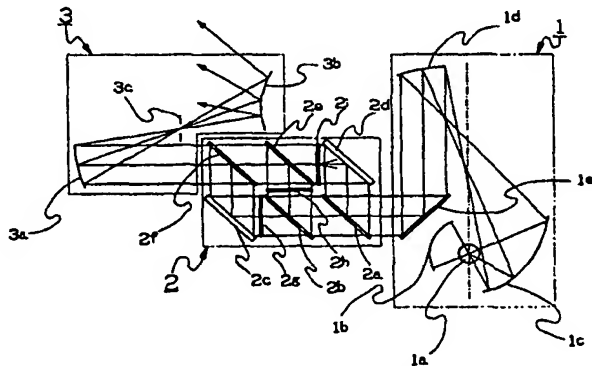


PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<b>(51) 国際特許分類</b> <b>G02B 27/18, 19/00, G02F 1/1335, G03B 21/10</b>	<b>A1</b>	<b>(11) 国際公開番号</b> <b>WO97/01787</b>  <b>(43) 国際公開日</b> 1997年1月16日(16.01.97)
<b>(21) 国際出願番号</b> PCT/JP96/01767  <b>(22) 国際出願日</b> 1996年6月26日(26.06.96)  <b>(30) 優先権データ</b> 特願平7/192346      1995年6月26日(26.06.95)      JP  <b>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)</b> 日照技研株式会社 (NISSHO GIKEN KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒336 埼玉県浦和市大谷口2294番1号 Saitama, (JP) <b>(72) 発明者: および</b> <b>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)</b> 根岸政恭(NEGISHI, Masataka)[JP/JP] 〒336 埼玉県浦和市常盤三丁目23番5号 日照技研株式会社内 Saitama, (JP) 松尾栄樹(MATSUO, Eiki)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大字上諏訪6666番235号 Nagano, (JP) <b>(74) 代理人</b> 弁理士 佐藤一雄, 外(SATO, Kazuo et al.) 〒100 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo, (JP)		<b>(81) 指定国</b> JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  添付公開書類 国際調査報告書
<b>(54)Title: PROJECTION DISPLAY</b>  <b>(54)発明の名称</b> 投写型ディスプレイ装置  <b>(57) Abstract</b> A bright, small, light-weight, high resolution and economical projection display having a relatively simple construction and four great features of oblique projection, uniform illumination, large depth of focus and magnifying short-distance projection. This display comprises an illumination unit (1), an image formation unit (2) and an image projection unit (3). The illumination unit (1) comprises an input angle control part group including a light source (1a) and at least one optical surface (1c) for receiving main beams emitted from the imaginary center of the light source (1a) and controlling its input cubic angle; and a luminous flux control part group including at least two optical surfaces, that is, the optical surface (1c) having mainly a spatial distribution control function of the main beams on an imaginary plane disposed transversely to the travelling direction of the main beams outgoing from the part group described above, and an optical surface (1d) having mainly a direction control function of the main beams by receiving the main beams from the optical surface (1c). The image formation unit (2) selectively reflects or transmits the luminous flux from the illumination unit (1), forms an original picture image, and does not greatly change the angle of divergence of the luminous flux contributing to the image formation in front and at back thereof. The image projection unit (3) receives the luminous flux outgoing from the image formation unit and forms a secondary picture image on a screen.		



(57) 要約

比較的簡単な構成で、斜め投射、均一照明、深い焦点深度、近距離拡大投射の4大特徴を有するとともに、明るく、小型、軽量、高解像で安価な投写型ディスプレイ装置が開示されている。このディスプレイ装置は、光源(1a)と、光源(1a)の仮想中心から発する主光線を受けてその取り込み立体角を制御する少なくとも1つの光学面(1c)を含む取り込み角制御部分群と、この部分群より射出する主光線の進行方向に横断的に設けられた仮想面上における主として主光線の空間的分布制御機能を有する光学面(1c)とこの面からの主光線を受けて主としてその方向制御機能を有する光学面(1d)の以上少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群とからなる照明部(1)と、この照明部(1)からの光束を選択的に反射または透過させることにより原画像を形成し画像形成に寄与する光束の開き角をその前後で大きく変化させることのない画像形成部(2)と、この画像形成部から射出する光束を取り込みクリーン上に2次画像を形成する結像部(3)とから構成される。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を固定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド
AM	アルメニア	DK	デンマーク	LR	リベリア	PT	ポルトガル
AT	オーストリア	EE	エストニア	LS	レソト	RO	ルーマニア
AZ	アゼルバイジャン	ES	スペイン	LT	リトアニア	RS	セルビア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	FI	フィンランド	LU	ルクセンブルグ	SD	スーダン
BB	ババルバ	FR	フランス	LV	ラトヴィア	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロバキア
BG	ブルガリア	GE	ジョージア	MD	モルドヴァ共和国	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	SS	スーダン
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MK	マケドニア共和国	TD	チャド
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	ML	マリ	TG	トーゴ
CA	カナダ	IL	イスラエル	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
CC	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	MR	モリタニア	TM	トルクメニスタン
CF	コンゴ	JP	日本	MW	マラウイ	TR	トルコ
CH	スイス	KE	ケニア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CN	中国	KG	キルギスタン	NE	ニジェール	UG	ウガンダ
CU	キューバ	KR	朝鮮民主主義人民共和国	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン
CZ	チェコ共和国	KZ	カザフスタン	NO	ノルウェー	VN	ベトナム
				NZ	ニュージーランド		

## 明 細 書

### 投写型ディスプレイ装置

#### 技 術 分 野

本発明は、投写型ディスプレイ装置、特に液晶や、多数の小型ミラーを独立に駆動し画像を形成するデジタルマイクロミラーデバイス（DMD）に代表される受動型画像形成装置に好適な投写型ディスプレイ装置に関する。

#### 背 景 技 術

近年、ハイビジョンテレビの普及が現実のものとなり、一般家庭においても大画面ディスプレイに対する要求が高まっている。それに答えるべく、従来のディスプレイの基本となってきたCRT方式の大画面化が進められてきたが、その構造的な問題から、40インチが限界と言われている。その代替として、プラズマや液晶表示装置等の、薄型でしかも大画面化が可能な製品も出てきたが、信頼性や寿命、特にコストの問題を抱え、60インチを超える大画面においては根本的な解決には至っていない。

大画面を実現する他の方式として、小型CRTや液晶表示装置等で作られる原画像を、視聴者の前方にあるスクリーンに対し、前面あるいは背面から投影する方式の投写型ディスプレイ装置が徐々に市場に受け入れられるようになってきた。特に液晶表示装置を利用する装置の場合、その小型化・高画質化・透過効率の向上には目をみはるものがあり、市場普及の原動力となりつつある。また、小型ミラーから構成されるDMD装置も実用化されつつある。これらは、CRTとは異なり、いずれもそれ自身光を発せず、別途照明部を必要とする受動型画像形成装置である。

このような受動型画像形成装置を利用した投写型ディスプレイ装置が、更に広

く市場に普及するためには、いくつかの克服すべき課題が存在している。その代表的課題が、「スクリーン上の明るさ・均一性」「スペース効率」「コスト」「重量」「大きさ」である。

以下において、上記課題を解決するための従来技術を段階的に説明する。まず初めに、「スクリーン上の明るさ・均一性」の課題を説明するために、図36に従来型の投写型ディスプレイ装置の基本構成図を示す。これは、光源1aとその仮想中心から発せられる主光線を平行光に変換するための放物面鏡1cとからなる照明部1、照明部1からの光束を選択的に透過させる画像形成装置2aと主光線の方角を制御するフィールドレンズ2bとからなる画像形成部2、画像形成部2で形成された原画像をスクリーン4に投影するための結像部3とから構成される。結像部3の3cはスクリーン上の明るさを制御するための開口絞り、3a、3b、3dはレンズである。

このような光学系においては、開口絞り3cを絞り込み、結像部3が画像形成部2より取り込む開き角 $\phi$ を小さくするに従って、スクリーン4に到達する光束が減少し、光源1aから発する光束の利用効率が急激に低下する。これは、画像形成部2の大きさに比し、光源1aが大きい場合特に顕著である。

次に、同じ図36において、開口絞り3cを小さく絞り込んだ状態で、光源1aを変更する。この時、光源1aの発光部の大きさを徐々に小さくするに従って、光束の利用効率が急速に向上する。しかし、放物面1cの焦点近傍に置かれた光源1aの仮想中心から発せられる主光線が、光軸に対してなす角を $\omega$ とすると、その角度の増加とともに（すなわち、光軸からの距離が離れるに従って）

$$\cos^4 \frac{\omega}{2}$$

に比例して、画像形成部2の周辺の明るさが低下するという放物面固有の特性が目立ち始める。従って、光源1aの発光部の大きさを徐々に小さくした場合、画

像形成部2を照明する光束の開き角 $\theta$ を小さくすることができ、結像部3が取り込む開き角 $\phi$ の範囲に入る光束を増加させることが可能になる。その反面、画像形成部2における光束の開き角 $\theta$ の分布や照度分布制御ができなくなることを意味している。

このような問題を解決する一つの手段として、特開平3-111806号に見られるようなオプティカルインテグレータ（以下においてインテグレータと略記）が採用される。この方式は、米国特許第2991691号等に見られるように、本来映写機の照明効率を向上し、画像の照度ムラや色ムラを無くすることを意図して立案されたものである。その基本構成を図37に示す。光源1aからの光束は反射鏡1cによりインテグレータを構成する2枚のレンズアレイ1d、1eに導かれ、画像形成部2を構成するフィルムを照射する。フィルムを通過した光束は、原画像を形成し、結像部3のレンズによりスクリーン4上に投影される。

このようなインテグレータは、2つの基本的な作用を持つ。すなわち光束の利用効率の向上と照度の均一性向上である。まず、光束の利用効率の向上は、最初の反射鏡1cで形成された円形の光束を、長方形のフィルム形状に変換する形状変換機能により達成される。このため、最も原理的な2枚構成のインテグレータでは、光源側のインテグレータ1dの表面に形成された個々のレンズ、例えばレンズ1daの形状が、フィルムと相似な形状に形成される。このレンズ1daを2次光源と考え、レンズ1daに対応する画像形成部2側のインテグレータ1e上のレンズ、すなわち、レンズ1eaにより画像形成部2上に結像することで、円から四角への形状変換がなされる。また、レンズ1daは反射鏡1cにより反射された光源像をレンズ1ea上につくる役割を果たし、レンズ1dと1e間での光束の結合効率向上が図られる。

もう一つの照度の均一化については、レンズ1daとレンズ1eaを初めとする多くのレンズ対により、上記と同様の原理で2次光源像が次々と画像形成部2

上で重畳されることで達成される。以上の様に、インテグレータは簡単な構成ながら、効率向上と均一化を同時に達成できる優れた方法である。

しかし、このインテグレータも万能ではなく、投写装置を構成する各要素の条件次第によっては、効率低下を生じる。例えば、特開平3-111806号では、光源の大きさと効率の関係を意識したいくつかの提案がなされている。その基本構成を図38及び図39に示す。図38は、前述の図37と基本的に大差は無いが、着目すべきは放電灯光源1aの電極方向が紙面に垂直に置かれている点と球面ミラーから構成される補助結像装置1bを使用している点である。このような構成は従来よりオーバーヘッドプロジェクタ等で利用されており特に目新しいことではないが、それをインテグレータと組み合わせている点で注目すべきである。図39では、更に一步進め、レンズ1c、1d及び反射鏡1e、1fで構成される部分とレンズ1c'、1d'及び反射鏡1e'、1f'で構成される2重集光レンズ系を利用して、光源からの光束の取り込みを行う。結果として、インテグレータ1gに入射する光束の開き角を小さくでき、光束の利用効率の改善が可能になる。

その効率向上のためには、上記の光源の大きさと取り込み角との関係の他に、光源側のレンズ1d上における光束の開き角をできるだけ一定にする事が重要である。さもなければ、レンズ1dと1eの間で光束の結合損失が発生する。特開平3-111806号では、この対策に関しては全く触れていない。単に、レンズ1cに2次曲面を使用する際には、インテグレータを構成する画像形成部側の光学素子1eの個々のレンズの大きさをその上に形成される光源像よりも大きくすると記載するにとどまっている。

特開平7-174974号においては、特開平3-111806号が有する上記の問題を解決する手段として、光源とインテグレータの間に反射鏡と非球面レンズを使用する例が開示されている。その断面図を図40に示す。光源1aから

発せられた光束は反射鏡 1 c と非球面レンズ 1 d を通ってインテグレータを構成する光学素子 1 e 上で均一な開き角分布となるように導かれる。これにより特開平 3-111806 号の光束の結合損失を無くすことを提案している。この例は、光束の開き角と方向制御を意識した構成となっている。しかし、反射鏡 1 e における光束の開き角、光源 1 a の大きさ、画像形成部 2 の大きさの関係や、特開平 3-111806 号のような光源からの取り込み角に関する配慮が欠如しているため、全体の構成条件によっては特開平 7-174974 号に開示されている方法で面を構成することが不可能となる。これは、反射鏡 1 e における光束の開き角を小さくしようとするほど、また画像形成部 2 の大きさに比較し、光源 1 a の大きさが相対的に大きいほど顕著になる。

さて、液晶等の画像形成装置のコウトダウン及び歩留まり向上のためには、小型化を図り、1枚のウェハから取れる素子数を増やすことが最も効果的である。しかし、一方では光束の利用効率を大幅に低下させる要因となる。そのため、上記のようなインテグレータを初めとする、照明効率改善の努力がなされるが、これは画像形成部における光束の開き角増大につながる。従って、結像部についても、Fナンバーの小さな（取り込み角の大きな）レンズを利用しなければならない。最近では、F2クラス（取り込み角29度）のレンズが使用されることも珍しくなく、結像部のコストアップの原因となる。

このような、Fナンバーの小さなレンズとは反対に、Fナンバーの大きな結像部を必要とする画像形成装置も存在する。液晶表示装置の明るさ改善の切り札として、ポリマー分散型液晶を用いた表示装置が一時脚光を浴びた。この表示装置の大きな特徴は、小さな領域に閉じこめられた液晶の分散特性を用いて、画像を可視化するものである。偏光特性を利用し、偏光板の助けにより画像の可視化を行う通常の方式と異なり、偏光板を使用しない分だけ明るさの向上が図られるという利点を持っている。その原理を図41及び図42に示す。なおこれらの図は、

透過型として描いているが、反射型でも原理は全く同じである。図4 1は透過モードの場合、図4 2は散乱モードの場合である。この図のように、光束  $f$  がポリマー分散型液晶に入射するとき、透過モードではそのまま透過し、散乱モードではほぼ円拡散に近い散乱光となる。このようなモードの切り替えによる、決められた立体角の範囲における光量変化を利用して画像が形成される。

以上の原理から、散乱モード時にスクリーンに到達する散乱光を如何に少なくするかがコントラスト向上の決め手となる。そのため、結像部3にいわゆるシュリーレン光学系が採用されるが、それはFナンバーが大きいという欠点を持っている。即ち、結像部3が取り込む光束の開き角 $\phi$ を小さくし、スクリーン上に達する散乱光をより少なくすることで、高いコントラストを得る訳である。そのため、偏光板がいらなくて明るいという長所が、結像部3の取り込み角度 $\phi$ を小さく絞り込むことで相殺され、逆に一層暗くなってしまう恐れさえある。

一つの試算として、通常用いられる投影レンズのFナンバーを4程度とし、ポリマー分散型の場合にコントラストを確保するための最適Fナンバーが11であるとすれば、明るさは $1/8$ になってしまう。偏光板が無いことによる効果は、せいぜい $1/3$ 程度であるから、懸念した通り半分以下の明るさになってしまうことがわかる。

図4 3は、このようなポリマー分散型液晶を用いたJapan Display' 92の113ページに記載されている、光学系の模式図である。この例では、光源1 aにギャップ5 mmのメタルハライドランプを使用しており、楕円反射鏡1 cで一旦集光し、コリメータレンズ1 dで平行光に変換する。画像形成装置2 aには、3. 4インチのポリマー分散型液晶を使用し、フィールドレンズ2 bを通過後、Fナンバー9. 5（取り込み角6度）のレンズ系3で、スクリーン4上に画像を投影する。因みに、150 Wの光源1 aを使用したときのスクリーン上の光束量は400 lmである。



図43の照明部は、上記のように1枚の楕円反射鏡1cのみで構成されているが、光源のワットあたりの出力光束量が $2.6 \text{ lm/w}$ と、比較的高い利用効率を示している。その理由は、画像形成部2を構成する液晶パネル2aが3.4インチと比較的大きく、相対的に光源1aが小さいために、パネル上での光束の開き角 $\theta$ を小さくできるからである。しかしながら、コスト削減のためにパネルの小型化を図る場合、単なる楕円ミラーでこのような高い利用効率を保つことはできない。それは、パネルサイズとともに小さくできる光源の大きさ1aには技術的限界があり、結果としてパネル2aに入射する光束の開き角 $\theta$ が大きくなり、先に説明したFナンバーの問題が発生するためである。

次に、投写型ディスプレイ装置普及の2番目の課題である「スペース効率」を解決するための従来技術について考える。投写型ディスプレイ装置では、視聴者と同じ側からスクリーンに投影する方式の前面投写型が最も優れている。しかしながら、本来視聴者が占めるべきスペースの一部をディスプレイ装置が占有してしまうという大きな欠点がある。そのため、投写装置を天井に設置する等の対策もとられているが、天井の補強等のトータルコストで前面投写型が普及しにくい原因の一つになっている。

同じ投写型でも、図44に示すような背面投写型装置もある。これは、投写装置7aからの光束を平面ミラー7b、7cで折り曲げ、スクリーン4上に投影する。この背面投写型装置の場合、ディスプレイ装置の奥行きを狭めるためには、結像部の焦点距離を短縮する必要がある。これは、結像部に広角レンズを採用することと等価である。撮像素子の様に、受光部の小型化とともに、使用する撮影レンズの焦点距離の短縮化が図れる場合もある。しかし、受動型画像形成装置の場合には、常に光源の大きさの問題があり、光束の利用効率との関係で限界がある。従って、極端な薄型化は困難な状況にある。

一方、特公平6-1295号において光投射装置が提案されている。その基本

構成図を図45に示す。この光投射装置では、キセノンランプ等の小さな光点をもつ光源1aと、2次点光源1a'を再形成するための光束制御用反射鏡1c、1dが設けられている。ここで、1bは図38の1bと同じ働きをする補助結像装置であり、1eは単に光束を折り返す平面反射鏡である。このようにして作られた2次点光源1a'と、図示されていないスクリーン4との間に、画像形成部2を置くことにより、影絵の原理でスクリーン上に画像が投影される。光束制御用反射鏡1c、1dの主目的は、ランプの有する輝度分布・配光特性、画像形成部2の各部とそれに対応するスクリーン上の2次画像までの距離の違いを考慮し、均一な明るさの画像を形成するための2次点光源1a'を形成することである。言い換えれば、光源から発する光束の照度分布制御と方向制御を主目的とする。

この光投射装置の主な特徴は、①近距離で大きな拡大投射が可能なこと、②斜め投射が可能なこと、③均一なスクリーン上の明るさが確保できること、④焦点深度が深くどこでもピントが合っている（フォーカスフリー）こと等、投写装置として非常に優れた4大特徴を持っていることである。このような投射装置を用いることができれば、視聴者にじゃまにならない位置からの投射が可能になり、スペース効率の問題が一挙に解決できることになる。

投写型ディスプレイ装置の3番目の課題である「コスト」の問題に関しては、上記2つの課題を解決するための施策のそれぞれが、装置全体のコストアップ要因となる。例えば、受動型表示装置の主要デバイスの一つである液晶表示装置の場合、その透過率向上のためにマイクロレンズアレーが採用される。また、照明の利用効率向上のための偏光プリズムやオプティカルインテグレータ等特殊照明系の採用、結像レンズのFナンバーを小さくしたり、焦点距離を短くするためのレンズ構成枚数や大きさの増大、さらにはダイクロイックプリズムの採用等、これらすべてがコストアップの要因となる。従って、コスト逓減のために画像形成装置の小型化を行っても、照明効率を向上させるための対策でそれを打ち消して

しまう。

従来の投写型ディスプレイ装置の最後の例として、結像部3に反射光学系を採用した例を図46に示す。これは、画像形成部2にCRTを使用した例である。CRTは自ら光束を発する能動型画像形成装置の代表である。結像部3は反射鏡3aと補正板3bからなり、いわゆるシュミット光学系を構成する。この結像部3は、画像形成部2からの光束が拡散光のため、その光束の利用効率を上げ投影像を明るくするために採用されたものであり、解像度はあまり良くなかった。このような構成の利点・欠点はシュミットカメラに関する一般的な文献で明らかであるため、ここでは割愛する。最近でも、CRTを利用する投写装置に、Fナンバーが1.0クラスのレンズ系を使用するもの、やはり広がり角の大きな光束の利用効率を向上させるためである。

図46の結像部3に利用されている反射系は、大口径には有利な反面、画角を大きく取ることが困難である。従って、大口径の望遠鏡等に主として使用されてきた。近年の投写型ディスプレイの場合、背面投写型の例でも触れたように、結像部が高画角化の傾向にあり、このような構成を取ることは困難である。しかしながら、反射光学系を使用することで光学系が簡略化できる可能性を示唆している。

以上の様に、投写型ディスプレイ装置が大画面ディスプレイとして、広く普及するためには「スクリーン上の明るさ・均一性」「スペース効率」「コスト」

「重量」「大きさ」の各課題を総合的に解決しなければならない。従来技術の説明からもわかるように、このような錯綜した問題を解決するためには、各要素技術の改良はもちろんのこと、それにとどまらず、投写型ディスプレイ装置全体の構成やあり方そのものを、根本的に考え直す時期にさしかかっていると言える。

その中で、前にも述べた特公平6-1295号の光投射装置は、4つの非常に優れた特性を有している。しかし、この投写装置は、その実用化に当たってのい

くつかの問題を抱えている。それは、大きく分けて、2つの問題に集約される。一つは解像力の問題、もう一つは、量産上の問題である。まず、解像力の問題に関しては、原理上、点光源に近い光源からの光束により、いわゆる影絵の原理で2次画像が形成されるため、半影や回折の影響が顕著である。そのため、一定のレベルを越えた解像力が要求される場合には対応できない。これは、前記光投射装置が結像部を含まないことから生じる問題である。量産上の問題点としては、特に「使用する反射面上の傷やムラが最終画像に現れる」「反射面の形状精度が厳しい」といった点をあげることができる。この克服のために、非常に高い加工精度が要求され、量産上最大の問題となっていた。また、これらは、いずれも光源の発光部が非常に小さいという共通する原因によるものであった。またその反面、明るさや解像度を向上するための「明るく光点の小さな光源」が得られにくいという相矛盾する問題もあった。

本発明は、特公平6-1295号の光投射装置が有する長所を受け継ぎながら、その各課題を解決し、投写装置として備えるべき全ての条件を満足することを目的として開発されたものである。即ち、

(1) 明るく高解像でしかも、近距離で大きな拡大投射・斜め投射・均一照明・深い焦点深度の4大特徴を実現すること

(2) 小型・軽量・安価な投写型ディスプレイ装置を提供すること  
という、技術的及び製品的な両条件を同時に達成することを目的とする。

今回基本に立ち返り根本的に考え直したことを技術面で集約すると、上記(1)の特徴の実現に関して言えば、光源の諸特性と光束の開き角とその分布・照度分布・方向の各光束制御、更には画像形成部の大きさとの関連性を明確にし、照明部の実際の構成方法に関する基本的考え方を定めたことである。これらは、光源の発光部の大きさ・形状・輝度分布・配光特性、画像形成部の大きさや特性に応じて、照明部を構成する各光学素子の配置・面形状を最適化することで実現でき

る。

また、上記（２）の特徴の実現に関しては、結像部に反射光学手段を利用すること、更に進めて、少数の反射鏡だけで結像部を構成可能とすることである。従来の投写装置の場合、このような特徴を有する結像部を反射鏡だけで構成することは、明るさだけを取ってみても困難であった。以上のように、各光束制御技術を総合的な視野のもとで、適宜利用することにより、技術的には高効率、高機能の照明部を実現し、それに適合した結像部に関する条件を満足させることで、上記（１）及び（２）の条件を満たす理想的投写装置を実現することが本発明の目的である。

#### 発 明 の 開 示

本発明によれば、投写型ディスプレイ装置は、光源と、光源の仮想中心から発する主光線を受けてその取り込み立体角を制御する少なくとも１つの光学面を含む取り込み角制御部分群と、この部分群より射出する主光線の進行方向に横断的に設けられた仮想面上における主として主光線の空間的分布制御機能を有する光学面とこの面からの主光線を受けて主としてその方向制御機能を有する光学面の以上少なくとも２つの光学面を含む光束制御部分群とからなる照明部と、この照明部からの光束を選択的に反射または透過させることにより原画像を形成し、画像形成に寄与する光束の開き角をその前後で大きく変化させることのない画像形成部と、この画像形成部から射出する光束を取り込みスクリーン上に２次画像を形成する結像部とから構成され、画像形成部の有効面積を  $S$ 、光源が実効的に光束を発する有効面積を  $\delta S$ 、画像形成部の各部から射出する光束に関し結像部が取り込む光束の開き角を  $\phi$  とする時、下記の各条件を満足する。

$$\frac{S}{\delta S} \geq 100, \quad \phi \leq 8^\circ$$

投写型ディスプレイ装置の照明部の少なくとも１つの光学面を含む取り込み角

制御部分群は、更に光源を物点かつ像点として作用する少なくとも1つの反射光学手段を含む少なくとも1つ以上の補助結像装置を別途備えていてもよい。

投写型ディスプレイ装置の照明部の補助結像装置の結像装置としての倍率の大きさが1以上であるのがよい。

投写型ディスプレイ装置の照明部の光束制御部分群と画像形成部との間に、光束の形状を画像形成部にほぼ近い形状に変換する少なくとも1つの光学面を含む形状変換部分群を設けることができる。

投写型ディスプレイ装置の照明部の形状変換部分群は、表面に多数の曲面がレチクル状に形成された少なくとも2つの光学面を含むオプティカルインテグレータから構成されるとともに、取り込み角制御部分群に近い方の光学面の表面に形成された多数の曲面の一つ一つの外形形状が画像形成部の形状に略相似である。

投写型ディスプレイ装置の照明部の少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群は、併せて光束の形状変換機能を有する。

投写型ディスプレイ装置の照明部の少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群の中、主として主光線の空間的分布制御機能を有する光学面は、併せて取り込み角制御機能を有する。

投写型ディスプレイ装置の照明部の取り込み角制御部分群と光束制御部分群は、共通の回転軸を有する回転対称面から構成されるとともに、回転軸を含む任意の断面内において、共通の回転軸上に設けられた光源の仮想中心から等立体角的に発せられる各主光線が、光束制御部分群の射出側に設けられた仮想面を等面積的に分割するような曲面形状を光束制御部分群に含まれる各光学面が有するようにすることができる。

投写型ディスプレイ装置の照明部の光束制御部分群に含まれ、主として主光線の方向制御機能を有する光学面は、その光学面を通過後の主光線が互いに平行となるような面形状を有する。

投写型ディスプレイ装置の結像部は、少なくとも2枚の反射光学手段から構成される。

反射光学手段から構成される投写型ディスプレイ装置の結像部の画像形成部に最も近く、かつ、結像作用を有する反射光学手段は、凹面反射鏡の作用を有する。

反射光学手段から構成される投写型ディスプレイ装置の結像部の少なくとも一部を画像形成部を基準面として、略法線方向に相対的に移動可能とする。

反射光学手段から構成される投写型ディスプレイ装置の結像部の少なくとも一部を画像形成部を基準面として、傾斜可能とする。

投写型ディスプレイ装置の結像部の少なくとも一部を画像形成部を基準面として、略平行方向に相対的に移動可能とする。

投写型ディスプレイ装置の画像形成部はポリマー分散型液晶で構成する。

光源から発せられる光束は、照明部の取り込み角制御部分群により照明部に取り込まれる。そして、光束制御部分群の作用で光束の開き角と分布・照度分布・方向について制御された光束は画像形成部を照射する。画像形成部で選択的に反射、または透過された光束は原画像を形成する。画像形成部から射出した光束は、更に結像部に入射し、その結像作用によりスクリーン上に2次画像を形成する。結像部が取り込む光束の開き角を8度以下に保つ条件は、本発明の投写型ディスプレイ装置が、簡単な構造の結像部を有しながら、近距離拡大投射・斜め投射・深い焦点深度の各特徴を実現するための必要条件である。また、画像形成部と光源の大きさに関する条件は、結像部の開き角に関する上記の条件が設定された時、スクリーンに到達する光束の照明効率を一定以上に保つために不可欠な条件である。

照明効率向上のためには、できるだけ多くの光束を光源から取り込むことが必要である。しかしながら、取り込み角をむやみに大きくしても、必ずしもスクリーン上の明るさを向上することにはならない。それは、実施例で詳細に説明する

ように、明るさ向上に寄与する光源からの最大取り込み可能角度が、画像形成部の大きさ、光源の大きさ、結像部が利用する光束の開き角の3つのパラメータで概略制限されてしまうからである。従って、本発明の投写型ディスプレイ装置のように、最初から結像部が取り込む光束の開き角を小さな範囲に制限する場合や、画像形成部が光源の大きさに比べ小さい場合は、特に注意が必要である。さもなければ、必要以上に光学素子が大きくなったり、コスト的にも不利となる。また、取り込み角制御にあたっては、光源の輝度分布や配光に応じて、光束を取り込む方位や光源の向き・配置を十分最適化することも大切である。

照明部が光源から直接取り込む立体角を制限する場合、光源を物点かつ像点として作用する補助結像装置をうまく利用することが不可欠となる。それは、最大取り込み可能角度以上の、本来ならば無駄になるべき光束を再利用することである。すなわち、補助結像装置を利用し、画像形成部の照射に寄与しない光束を再度光源部に戻し、取り込み角制御部分群の取り込み角の範囲内に入射させることで、光束の有効活用を図ることができる。また、その結像装置としての結像倍率の大きさを1以上とすることにより、光源から射出する光束の利用効率を更に高めることができる。また、場合により、補助結像装置を複数設ける必要もある。このような補助結像装置には、効率以外にも迷光を減らし、コントラストを向上させる働きもある。

照明部の光束制御部分群は、光源の光束としての重心や幾何学的中心のような仮想中心から発せられる主光線に関し、主としてその空間的分布を制御する光学面（以下において分布制御面と略記）と主としてその方向を制御する光学面（以下において方向制御面と略記）の少なくとも2つの独立した光学面から構成される。光学面とは、反射鏡、レンズの屈折面、フレネルレンズ、回折格子、屈折率分布型素子等、光束の経路を変える作用を有する境界面を意味する。光束制御部分群の最終的な目的は、画像形成部の各点における光束の開き角・開き角の分布



・照度分布・方向を制御することである。一般的には、それを解析的に決定するのが困難な場合が多く、実際には次のような繰り返しプロセスにより最適形状を決定する。

すなわち、分布制御面の形状を変化させることで、主光線の空間的分布を変化させる。分布制御面の変化に伴い、主光線の経路や角度が変化するため、それに対応し方向制御面の形状を修正し、射出光束が目的の位置や角度を保つようにする。次に、画像形成部の各点における光束の開き角・開き角の分布・照度分布・方向をチェックする。このようなプロセスにおいて、主光線の空間的分布を評価する基準面が、進行方向に横断的に設けられた仮想面である。すなわち、仮想面は、単なるパラメータ空間の役割を果たすだけであり、その位置をどこに設定するかは重要ではない。但し、方向制御面の近傍や画像形成部の近傍等、実際に光束制御を行う対象面の近傍に置く方が考えやすい。以上のプロセスからもわかるように、各制御面を構成する面の形状は、一般的には2次曲面等の簡単な形状ではなく、面の配置や出発点、光源の位置等により自在に変化する。

光束の取り込み角制御部分群としては、通常の平凸コンデンサーレンズを初めとして放物面、楕円面等の2次曲面の反射鏡を用いることも可能であり、光束制御部分群と明確に分離することで、例えば途中に2次光源を作るなど、レイアウト的な自由度を持たせることができる。但し、基本的な役割は、光源からの取り込み立体角を決定することであり、光束制御部分群の分布制御面が取り込み角制御を兼ねることも当然可能である。これにより、素子数の減減や小型化に有効である。

照明部の光束制御部分群と画像形成部との間に、画像形成部を照射する光束の形状を画像形成部の形状に近づけるための形状変換部分群を設けることで、画像形成部外を照射する光束の有効利用を図ることができる。特に、オプティカルインテグレータは、古くから利用されている代表的手段である。一般に良く採用さ

れるのは、放物鏡により光源からの光束を取り込み、その直後にインテグレータを利用する構成である。このような形態は、効率を決定する各要素に余裕がある場合、十分効果的であるが、本発明のように、結像部の取り込み角度に制限を設ける場合においては、意図通りの効率が得られない。このような場合には、光束制御部分群に光束整合素子の役割を持たせることで、理論的限界に近い照明効率を得ることが可能となる。すなわち、光束制御部分群を画像形成部における光束の制御に直接的に用いるのではなく、形状変換部分群とそれに入射する光束との整合素子として利用するのである。これは、光束制御の一般性を示すものである。

特にインテグレータの場合、光束の有効利用の他に、光源の揺らぎや色分散等の問題を目立たなくし、照明の均一化が図れるという作用も有する。

取り込み角制御部分群の場合と同様に、形状変換部分群の機能を光束制御部分群が兼ねることも可能であり、同じく素子数の逓減や小型化にとって有効である。

取り込み角制御部分群と光束制御部分群を共通の回転軸を有する回転対称面により構成する場合、高い精度の加工が可能である。またこのような構成の場合、回転対称軸を含む任意の断面内において光源の仮想中心から等立体角的に発する主光線が仮想面において等面積的に分布する様に、それぞれの光学面の形状を決定することが可能である。これは、具体的な構成方法に関する初等的な考え方であるが、光源が球光源で等方向的な場合においては、均一照度を得るための基本的アイデアである。また、このようにして構成された光束制御部分群は、光源の輝度分布や形状等を考慮した最適化の際の出発データとしても有効である。更に、このような光束の角度と面積（分布）を意識して設計を行うことは、回転対称系に限らず、より一般的な設計方法のアイデアを提供するものであり、要求される空間的な分布を作り出すための光学面の設計に応用できる。

方向制御面から射出する主光線を互いに平行とすることで、画像形成部の例えば液晶の視覚特性に対する適合や性能の向上、コストの低減を図ることができる。

以上が照明部の基本的な作用であるが、次に結像部を少なくとも2枚の反射光学手段から構成することにより、従来のレンズ系を用いる場合と比較し、小型、軽量、安価な投写装置を提供できる。

また、結像部の画像形成部に最も近く、かつ、結像作用を有する反射光学手段が画像形成部から発せられる光束に対し、凹面反射鏡の作用を有する反射光学手段により構成することで、装置全体の小型化が可能となる。また、長い作動距離を確保することができ、レイアウト的な自由度が増すことやコストの高いダイクロックプリズムを使用せずに済む。

勿論、通常のレンズを採用する場合も、その取り込み角が8度以下と小さく、Fナンバーで約7以上のレンズとなるため、斜め投射がより簡単にできる。

反射光学手段から構成される結像部の少なくとも一部を前記画像形成部に略法線方向に相対的に移動可能とすることで、ピント調節や近距離での解像度の向上が可能となる。

同様に、反射光学手段から構成される結像部の少なくとも一部を画像形成部に対し傾斜させることで、簡略的な画像投射位置の変更や解像度の向上が可能となる。

また、結像部の少なくとも一部を前記画像形成部に略平行方向に相対的に移動可能とすることで、斜め投射の際の投影画像の上下左右の位置変更や、反対に投影画像の位置を定めた場合に投写装置の設置場所の自由度を大きく広げることができる。

画像形成部にポリマー分散型液晶を用いることで、明るくコントラストの高い投影画像を得ることができる。ポリマー分散型液晶は、偏光板を用いず、電界のオン・オフによる光の拡散を利用して画像を形成するが、コントラスト確保のためには結像部の取り込み角を小さくする必要がある。これはまさに本発明の投写型ディスプレイ装置の画像形成部に最適なものである。

### 図面の簡単な説明

- 図1は投写装置を部屋の中央部に置いた時の斜め投射の概念図である。
- 図2は投写装置を側壁に設置した時の斜め投射の概念図である。
- 図3は本発明の原理を表す断面図である。
- 図4は本発明の第1の実施例の断面図である。
- 図5は本発明の第2の実施例の断面図である。
- 図6は本発明の第3の実施例の断面図である。
- 図7は本発明の第4の実施例の断面図である。
- 図8は画像形成部を照射する光束の概念図である。
- 図9は画像形成部から射出する光束の概念図である。
- 図10は放電灯の輝度分布を示す概念図である。
- 図11は照明部の第1の例を示す図である。
- 図12は照明部の第1の変形例を示す図である。
- 図13は照明部の第2の変形例を示す図。
- 図14は照明部の第3の変形例を示す図である。
- 図15は照明部の第4の変形例を示す図である。
- 図16は照明部の第5の変形例を示す図である。
- 図17は照明部の第2の例を示す図である。
- 図18は照明部の第3の例を示す図である。
- 図19は照明部の第4の例を示す図である。
- 図20は補助結像装置の例を示す図である。
- 図21は補助結像装置の例の断面図である。
- 図22は放電灯の配光特性の概念図である。
- 図23は結像部の最初の反射光学手段を凹面鏡で構成する場合の概念図である。
- 図24は結像部の最初の反射光学手段を凸面鏡で構成する場合の概念図である。

図25は結像部の反射光学手段を2枚の反射鏡で構成する第1の例を示す図である。

図26は結像部の反射光学手段を3枚の反射鏡で構成する第1の例を示す図である。

図27は結像部の反射光学手段を4枚の反射鏡で構成する第1の例を示す図である。

図28は本発明の投写位置変更に伴う調整の概念図である。

図29は本発明の結像部を反射鏡により構成する場合の断面図である。

図30は本発明の結像部を反射鏡により構成する場合の光束の使用部分を示す図である。

図31は本発明の結像部を反射鏡により構成する場合の使用部分の変化を示す図である。

図32はインテグレータの光束を表す概念図である。

図33はインテグレータの画像形成部における開き角の様子を表す概念図である。

図34は光束制御部分群が形状変換部分群を兼ねる場合の第1の例を示す図である。

図35は本発明の第4の実施例のスクリーン上での像移動の様子を示す図である。

図36は従来の投写型ディスプレイ装置の構成図である。

図37は米国特許2991691号におけるインテグレータの基本構成図である。

図38は特開平3-111806号におけるインテグレータの第1の基本構成図である。

図39は特開平3-111806号におけるインテグレータの第2の基本構成

図である。

図40は特開平7-174974号のインテグレータの基本構成図である。

図41は透過型ポリマー分散型液晶の透過モード時の光束の様子を示す概念図である。

図42は透過型ポリマー分散型液晶の散乱モード時の光束の様子を示す概念図である。

図43は従来のポリマー分散型液晶を用いた投写型ディスプレイ装置の構成図である。

図44は従来の背面投写型ディスプレイ装置の概念図である。

図45は特公平6-1295号の構成断面図である。

図46は従来のシュミット光学系を利用した投写型ディスプレイ装置の構成図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

それでは、以下に於いて図面を参照しながら、本発明の基本的考え方を順次説明する。まず始めに、本発明の投写型ディスプレイ装置が具備すべき要件と考える「斜め投射」の意義を説明する。図1及び図2はそのイメージ図である。図の4、4a、4bはスクリーン上の画像を、5、5a、5bは投写装置を、6は部屋の側壁をそれぞれ示している。さて、図1は部屋の中心に投写装置5を固定して置いた場合である。本発明のように、斜め投射が可能な投写装置の場合、例えば結像部の一部あるいは全部をスクリーンに対して略平行方向に移動させることにより、4aに投射されていた画像を4bに簡単に移動させることができる。図2は、スクリーン4に対し側壁面6の上部左側に投写装置5aを設置する場合である。この場合、投写装置5aはまさに理想的な環境を創り出すことができる。通常の家では、図2のような側壁面6の上部は空間的に空いている場合が多く、その様な場所に投写装置5aを設置することで、全く邪魔にならない。また、図

2で明らかなように斜め上部から投射するため、部屋の中心に視聴者が座った場合も従来のように投写装置そのものの存在を意識することが全く無い。また、スクリーン4の上に視聴者の影が投影されることも殆どなくなる。更に、側壁面6は通常かなりの強度を持っているため、簡単なフックを用意するだけで投写装置を掛けることができる。何等かの事情で、部屋のレイアウトを変更したい場合でも、図1の場合と同様にして、後述の結像部3（図3）を調整することで、左の壁に設置した投写装置5aを右の壁5bに簡単に移動することができる。以上のような使用上の実際の特徴は、従来では実現できなかったまさに理想的な投写装置を提供することになる。従来このような大きな角度の斜め投射を可能にし、しかも十分な明るさを有する投写装置は存在しなかった。以下において本発明の具体的な構成を説明する。

さて、図3は本発明の投写型ディスプレイ装置の基本原理を示す構成断面図であり、照明部1、画像形成部2、結像部3の以上3つの主要部から構成される。光源を含む照明部1で制御された光束は、画像形成部2を照射し、そこで選択的に反射、または透過されることで原画像を形成する。この原画像は、結像部3の働きにより図示されていないスクリーン4に投影され、2次画像を形成する。

照明部1は、画像形成部2の有効面積に対し、一定の条件を満足する光源1aを有する。光源1aの仮想中心から発せられる主光線は、3つの反射鏡1c、1d、1eにより画像形成部2に導かれる。画像形成部2は、照明部1からの光束を選択的に反射又は透過させることにより原画像を形成する受動型画像形成装置2a、また必要に応じてその前後に配置された光学素子2b等から構成される。照明部1からの光束は、画像形成装置2aの各部を図8のように照射する。ここでgは光源1aの仮想中心から発せられた主光線に対応する。また、 $\theta$ は画像形成部2の着目する部分に入射する光束fの最大開き角を示している。

このような画像形成部2における光束の開き角 $\theta$ とその分布、投影された2次

画像の明るさを一定条件に保つための照度分布、画像形成部2を照射する光束の方向といった各制御を担うのが照明部1の光束制御部分群である。図3の場合1dが分布制御面を、1eが方向制御面の役割を果たす。図8では主光線が画像形成装置2aに対しほぼ垂直に入射するように方向制御が行われる。また、各制御は、光源1a、画像形成部2及び結像部3のそれぞれの特性を考慮して行われる。

上記の光束制御が有効に機能し、なおかつ、十分な照明効率を確保するための条件が、

$$\frac{S}{\delta S} \geq 100$$

を満たすことである。但し、Sは画像形成装置2aの有効面積、 $\delta S$ は光源1aが実効的に光束を発する発光部の有効面積である。この光源の有効面積について、特にそれが放電灯である場合、発光の境界が明確に定められない場合が生じる。このような場合、光源を拡大投影またはTVカメラ等で撮影し、図10に示されるような輝度分布を測定することにより、発光部の有効な大きさを定める。但し、輝度の閾値の取り方により、光源の有効な大きさの定義が異なってくるが、最大輝度の10%程度の輝度を有する範囲までの広がりを考えれば十分である。なお、図10の1aa、1abは放電灯の電極を示す。

図3の照明部1を構成するもう一つの要素である反射鏡1b、1cは、取り込み角制御部分群を構成し、光源から発する光束の取り込み立体角を決定する。反射鏡1bは、光源をその中心とする球面の一部を利用した反射鏡である。これは直接1cで取り込まれなかった光束を再度光源に戻し、結果として光束の再利用を可能にするための補助結像装置を形成している。球面の場合、補助結像装置の結像倍率の大きさは丁度1である。最近の光源はキセノンとかメタルハライドランプの様に放電灯であることが多く、この場合発光媒体が電極間の気体であるため、発光部そのものに透過性があり、光を戻すのに非常に都合が良い。画像形成



部2が比較的大きい場合には、ハロゲンランプの様なフィラメントを有する光源を使用することも可能である。

図9は画像形成部2から射出する光束の様子を示している。図8と同様、 $g$ は主光線を表し、 $\phi$ は着目する部分から射出し、結像部3に取り込まれる光束 $f$ の最大開き角を示している。液晶表示装置において、光束が通過する部分の実質的開口効率を上げる手段の一つとして、光束の入射側にマイクロレンズアレーが利用される。この結果、入射側の光束の開き角 $\theta$ と射出側の光束の開き角 $\phi$ が大きく異なる。本発明では、こうした場合、更にもう一枚のマイクロレンズアレーを表示装置の射出側にも設けることにより光束の開き角をもとに戻し、照明部1の光束制御が本質的に意味を持たなくなるような大きな光束の開き角変化がないことを前提としている。但し、図9に示したように、画像形成装置の前後に設けられるフィールドレンズ2b等の作用で、主光線の向きが大きく変わることはある。

図3の結像部3は、3a、3b、3dの3枚のレンズと開口絞り3cにより構成されている。結像部3のレンズの枚数や形状、開口絞りの位置等は、実際の構成を示すものではなく、あくまでも原理説明のためのものである。本質的なことは、画像形成部2から射出する光束 $f$ の開き角 $\phi$ が8度以下の光束、すなわち、

$$\phi \leq 8^\circ$$

を満足する光束だけを取り込むように結像部が構成されることである。これは、投写型ディスプレイ装置が近距離拡大投射、斜め投射、深い焦点深度の各特徴を有し、かつ安価に実現できるための必要条件である。このような取り込み角 $\phi$ の調整は、別途設けられた固定又は可変の開口絞り3c等を利用して行われる。但し、照明部側で既に開き角 $\phi$ が8度以下の光束が作られている場合には、このような開口絞りは無くても良い場合もある。

以上説明してきた基本的構成と条件設定により、本発明が目的とする4大特徴を有する投写型ディスプレイ装置が実現可能となる。上記の理想的な投写装置を

実現するための最も重要な条件の1つが、前記結像部3が画像形成部2から取り込む光束 $f$ の開き角 $\phi$ を小さく抑えることである。これを小さく保つことでスクリーンの前後に於ける画像の焦点深度を深くすることができ、結果として近距離拡大投射・斜め投射を容易に実現できる。一般に、焦点深度の深さ $\delta L$ は投影されるスクリーン上における光束の開き角 $\xi$ に反比例する。

$$\delta L \propto \frac{1}{\xi}$$

また、結像部3が取り込む光束の開き角 $\phi$ とスクリーン上の開き角 $\xi$ には、それが小さいとした時、

$$\phi = \beta \times \xi$$

の関係がある。但し、 $\beta$ は画像形成部2がスクリーン上に投影されるときに総合拡大倍率の大きさである。投写型ディスプレイの場合、通常は拡大投射であり、 $\beta$ は1より大きい。以上のことから、

$$\delta L \propto \frac{\beta}{\phi}$$

が成り立つ。従って、倍率が一定の場合、焦点深度 $\delta L$ を深くするためには、結像部3が取り込む光束の開き角 $\phi$ を可能な限り小さくすればよい。このようにすることで、近距離拡大投射や斜め投射を実現する際の、結像部3からスクリーン上の2次画像迄の大きな距離の差が吸収できる。また、結像部3の光学素子に要求される間隔や偏心のような機械的要求精度を低く抑えることもできる。逆に $\phi$ が大きくなるにしたがって、機械的要求精度が厳しくなる一方、距離の違いを吸収し要求解像度を満足させるための結像部3の構成が複雑になる。このように $\phi$ の大きさと光学系の複雑度・コストとは、比例的な関係をもつ。

結像部3が取り込む光束の開き角 $\phi$ をどんどん小さくした場合、当然スクリーン上の解像度が結像部3の回折の効果により劣化することに注意する必要がある。

例えば、ハイビジョンの場合を想定し、1035本程度の走査線を持ち、対角1インチ程度の画像形成部2を想定する。この場合、画像形成部2の縦横比を9:16とすると、結像部3に要求される解像度  $r$  は

$$r = 1035 \div \left( \frac{25.4 \times 9}{18.3} \right) \doteq 83 \text{ line/mm}$$

となる。余裕をみて、必要解像度をこの数値の倍と考える。また、上記数値は走査線の白黒それぞれ1本と数えているが、白黒合せて1本と数える [ $\text{line} \cdot \text{pair/mm}$  (以下、 $\ell p/\text{mm}$ と略記する)] に読み替えば、余裕量を含み、そのままの数値を用いればよい。これを結像部3に要求される限界解像力とみなすと、結像部3の回折限界のFナンバー (FNo.) は、 $\lambda$  を中心波長 (0.000546mm) として

$$\text{FNo.} = \frac{1}{\lambda \times r} = \frac{1}{0.000546 \times 83} \doteq 22$$

で与えられる。更に、

$$\sin \frac{\phi}{2} = \frac{1}{2 \text{FNo.}}$$

の関係式を用い、開き角  $\phi$  を計算すると、約  $\phi = 2.6$  度となる。従って、比較的高い解像力が要求される場合にも、結像部3が取り込む光束の開き角  $\phi$  を2.6度以上に設定しておけば、回折の影響を免れることができる。このように開き角  $\phi$  の下限は、要求される限界解像力とその時のディスプレイの仕様により適宜設定される。また、上限の方は、上記のようにできるだけ小さい方がよいものの、後で触れる光源から取り込む効率の問題を無視するわけにはゆかない。従って、開き角  $\phi$  に関して、斜め投射の条件即ち深度の深さ、解像の条件、取り込み効率等多くの条件を勘案し、バランスをとる必要がある。

具体的な実施例に進む前に、実際の設計に当たって非常に重要なポイントである、光源の実効的な発光面積  $\delta S$  と画像形成部の有効面積  $S$ 、照明部の光源から

の光束取り込み角 $\alpha$ 、さらには結像部の光束取り込み角 $\phi$ の関係について考察しておく。

上記の関係を考察する上での拠り所として、一般化されたラグランジュの不変量がその出発点となる（書名「Aberrations of Optical Systems」著者W. T. Welford 87ページ）。それは、一般的形として、次式で与えられる。

$$I = dx dy dp dq$$

ここで $dx dy$ は着目している部分の光束の断面積であり、 $dp dq$ はそこを通過する光束の開き角として定義される。吸収損失や光学系のケラレを無視したとき、それらを掛け合わせた「ラグランジュの不変量 $I$ が光学系を通過する際に、常に一定に保たれる」という法則が成り立つ。この式は物体と像の関係にない一般の場合にも適用可能である。実際には、この適用に当たっては十分な注意が必要であるが、本発明の様に、画像形成部2が小さな開き角の光束で照明され、なおかつ画像形成部2に比較して小さな体積をもつ光源1aを使うという条件を仮定した場合、この式を使うことで見通し良く設計を進めることができる。

例えば、図3の様な構成例において、取り込み角制御部分群と光束制御部分群が共通の回転軸を有する回転対称面より構成されているものとする。また、光源1aは球光源であり、その中心が同じ回転軸上にあるものとする。また、補助結像装置を構成する球面ミラー1bは光源を中心とする半球状であり、光源1aからでる光束の丁度半分をおおっているものとする。その時、光源1aとそれから射出する光束に関するラグランジュの不変量 $I$ は、 $\alpha$ を光源から回転軸に対し垂直に立てた法線から測った角度として、次式で与えられる。

$$I = 2\pi \delta S \sin \alpha$$

画像形成部上における不変量 $I'$ は、光束の開き角 $\theta$ が小さいものとして、次式のようになる。

$$I' = S \theta^2$$

画像形成部における照射角度  $\theta$  が結像部による取り込み角度  $\phi$  に等しいと考え、  
 $I$  と  $I'$  を等しいと置くと、

$$2 \pi \delta S \sin \alpha = S \phi^2$$

が得られる。

ここで、この式の意味を明らかにするために、結像部 3 による光束の取り込み角度  $\phi$  を常に一定と考える。次に、使用する画像形成部 2 の有効面積  $S$  も一定とすると、光源 1 a の有効面積  $\delta S$  が大きいほど 1 c による取り込み角  $\alpha$  を小さくしなければならないことがわかる。逆に、照明効率の目安となる取り込み角  $\alpha$  を一定と考えると、画像形成部 2 の有効面積  $S$  が小さいほど光源 1 a の有効面積  $\delta S$  を小さくしなければならないことがわかる。このように、上記の 4 つの量には不可分な関係がある。本発明のように、更に結像部 3 の取り込み角  $\phi$  に条件を課した場合、一定以上の照明効率を確保するためには、画像形成部 2 の有効面積  $S$  と光源 1 a の有効面積  $\delta s$  との間に、条件設定が必要であることがわかる。

さて、球面ミラーの結合損失が無視できると仮定し、光源の配光も均一であると仮定すると、上式の  $\sin \alpha$  は補助結像装置も含めた光束の利用効率  $\eta$  を表している。以上の関係を使って書き直すと

$$\frac{S}{\delta S} = \frac{2 \pi}{\phi^2} \eta$$

と表すことができる。ここで 2 つの条件、すなわち光束の最終的な利用効率が少ないとも 30% 以上確保できること

$$\eta \geq 0.3$$

及び斜め投射の条件として設定した取り込み角の条件

$$\phi \leq 8^\circ$$

を代入 ( $\phi$  はラジアンに直して代入) すると、

$$\frac{S}{\delta S} = \frac{2\pi}{\phi^2} \eta \geq 9.7$$

が得られる。これが、画像形成部と光源の各有効面積に設定される条件となる。この条件は、補助結像装置の構成等の光学系の構成条件や光源の配光特性等の光源の仕様により変化するが、一定の目安として使用できる。

次に、本発明の投写型ディスプレイ装置の具体的な実施例を考えよう。図4は本発明の第1の実施例の構成断面図である。照明部1を構成する光源1aはメタルハライドランプのような放電灯から構成される。この例の場合、電極が紙面に対し垂直になるように配置されている。光源1aの仮想中心から発する主光線は、反射鏡1c及び1dにより順次反射されてそれぞれの主光線が互いに平行な主光線束に変換される。反射鏡1c及び反射鏡1dは光束制御部分群を構成する。1cが分布制御面、1dが方向制御面である。また、反射鏡1cは反射鏡1bとともに、取り込み角制御の役割も果たしている。反射鏡1bは反射鏡1cで直接取り込まれない光束を光源に一旦戻し、結果として光束の利用効率を向上させるための補助結像装置を形成する。また、反射鏡1c、1dは、紙面内で光源1aの仮想中心を通り上下方向に走る共通の回転軸を有する回転対称面である。反射鏡1bは光源1aの仮想中心を中心とする球面反射鏡である。1eは平面反射鏡であり光束を折り曲げる作用をもつ。このような光路を折り曲げるだけの反射手段は、光学系の随所に必要に応じて採用することができ、本発明にとって本質的なことではない。この照明部1からの光束は画像形成部2を照射する。

画像形成部2は、対角長1.4インチ程度の透過型液晶を使用した場合の典型的な例を示している。この画像形成部2の構成自体は、既に公知のものであり、本発明に本質的なことではない。図中、2c・2dは単なる平面反射鏡、2a・2b・2e・2fは光束の色分解合成を行ういわゆるダイクロイックミラーである。濃く示された2g、2h、2iが3原色に対応する透過型液晶であり、結像

部3及び照明部1に対し等距離になるように置かれている。この場合、液晶を通過する光束の主光線は、液晶に対し垂直に入射するように構成されている。このことで、ダイクロイックミラーを通過する際の光量の損失や液晶を通過する際の明るさ・色・コントラスト等の変化を防ぐことができる。この液晶を選択的に透過し、濃淡を与えられた光束は、結像部3に向かう。

結像部3は、共通の回転対称軸を有するわずか2枚の反射鏡3a、3bにより構成される。反射鏡3aは、画像形成部2に対し凹面を向けており、収束作用を有する。画像形成部2から発せられる平行な主光線束は、反射鏡3aに入射後、反射鏡3aの回転軸上にあり、反射鏡3aの焦点近傍に設けられた絞り3cに集光する。絞り3cは結像部3が取り込む開き角の制御を行う。この例の場合、結像部3が取り込む開き角 $\phi$ は標準で3.6度程度であり、解像力25lp/mm程度の解像力を有する。結像部3に入射する主光線束が平行の場合、このような最初の反射鏡3aを凹面とする構成は、結像部3全体の小型化にとって非常に有効である。絞り3cを通過した光束は、発散作用を有する凸面反射鏡3bにより反射されて、約2.4m離れた図示されていないスクリーン4の上に約60インチの大きさの2次画像を形成する。以上が本発明第1の実施例の全体構成の概要である。次に、各部の構成及びその働きにつき詳細に説明を行う。

本発明の照明部1では、画像形成部2の大きさ、光源1aの大きさ、光源からの取り込み角、結像部3が取り込む開き角の間に一定の条件を課し、なおかつ投写型ディスプレイ装置の各部の特性を十分考慮した上で、光束制御を行うことが要求される。例えば、使用する光源1aだけをとってみても、それぞれの光源に応じた特有な発光部の形状・輝度分布・配光特性、外形形状等を持っている。このような特性に関する情報は、照明部1の設計にあたって不可欠な情報であり、それらを考慮して各部との整合を図ることも、光束制御の持つ重要な役割の1つである。

特公平6-1295号の中で、照度分布及び方向制御を可能にする反射面の配置や曲面形状をコンピュータを用いて解析的あるいは逐次的に決定できることを述べた。画像形成部2の大きさに比較し光源1aが比較的小さく、かつ画像形成部2を照射する光束の開き角 $\theta$ が小さいという本発明の条件下においては、その基本的考え方を光束制御部分群の設計にも適用することが可能である。

本実施例の照明部1の、光束制御部分群を構成する2つの反射鏡1c、1dを例にとって、その形状決定の具体的手順を図11に従って詳細に説明する。図11は図4の照明部1を紙面内で回転し、上下方向の共通の回転軸を水平にした時の断面図である。また、図4では画像形成部2は照明部1に対し、平面ミラー1eで折り曲げられた位置にあるが、図11では平面ミラーを省略し、そのまま回転軸に沿って延長した位置に画像形成部2があるものとしている。さらに補助結像装置1bは省略してある。以上の簡略化は光束制御部分群の説明にとって本質的なことではない。

基本的考え方だけをわかりやすく説明するために、実際の設計方法を簡略化し、その骨子だけを説明する。この例では、分布制御面1c、方向制御面1dが共通の回転軸を有する回転対称面から構成されるため、比較の見通し良く設計が進められる。まず、初期条件として、1cと1dの共通の回転軸（光軸と呼ぶ）o-oと光源1aの光軸上の位置、さらには画像形成部2の液晶表示装置（例えば2g）の位置を定める。次に、各制御面1c、1dの出発点座標p0、q0を定める。この例の場合、p0とq0は光軸を挟んで反対側にとられている。更に、任意の分割数nを定め、図のように、液晶表示装置2gを等面積の輪帯状に分割し、各区分点をs0、s1、s2・・・、snとする。また、1dで反射された主光線が光軸と平行となるように構成するため、s0とq0の光軸からの距離は等しい。更に、1aの仮想中心から発する主光線に関し、あらかじめ決められた1cによる取り込み角度範囲を等立体角となるようにn分割する。以上で、計算準備は終



了である。

光源 1 a から最初の角度方向に追跡された主光線は、 $p_0$ を通り、 $q_0$ に向かうように点  $p_0$  における接線が決定される。 $q_0$  における接線は、 $q_0$  で反射された主光線が  $s_0$  に向かうように定められる。以上で、各面での最初の点の座標と傾きが決定される。同様に、次の角度方向に向かって、光源 1 a から主光線を追跡し、この光線と  $p_0$  を通り前回のプロセスで求められた接線との交点  $p_1$  を求める。次に、 $s_1$  から光軸に平行に出された直線と  $q_0$  を通る面の接線との交点を求め、 $q_1$  とする。 $q_1$  での接線は、 $p_1$  から  $q_1$  に向けて発せられた主光線が  $s_1$  に向かうように定められる。後は以上のプロセスを繰り返し適用することにより、1 c 及び 1 d の面形状の点列が定まり、1 組の形状の候補が決められる。

次に、実際の光源 1 a の詳細な形状、輝度分布、配光等を考慮し、シミュレーションが行われる。そして、画像形成部 2 における光束の開き角  $\theta$  とその分布及び照度が望ましい分布となっているかまた、効率が要求仕様を満たしているかが細かくチェックされる。このようなテストをいくつかの候補について行い、その中から最適な各反射鏡 1 c、1 d の反射面形状や空間的配置が決定される。以上の作業は、光源の大きさ等に、あらかじめ一定の条件を定めているため、比較的容易にできるが、何も条件設定されていない場合には、膨大な試行錯誤を含む大変な作業になる。最初の候補を決定する場合、2 g における主光線の分布が 2 g を等面積に分割するように設定されたが、次の形状候補を決定する場合、この主光線の分布や面の出発点をパラメータとすれば良い。この時、主光線の分布を制御する仮想面の設定をしておく必要があるが、本実施例では、画像形成部 2 の液晶表示装置 2 g そのものを仮想面としている。このような仮想面は、設計ごとに、最も適切と思われる任意の場所に設定すれば良い。

以上のような基本的アイデアのもとで、実際の設計では、最適形状を求めるた

めの様々なアルゴリズム的工夫が採用されている。また、このような手法は、回転対称面以外の一般的な面に関しても適用可能である。また、これらの作業は、全てコンピュータを利用し、対話的に行われる。上記のような比較的簡単な2枚構成の場合でも、反射面形状や空間的配置に関する多くの変形例が可能である。そのような他の変形例を図12～図16に示す。各図で、1aは光源を、1bは補助結像装置を、1cが分布制御面、1dが方向制御面、2が画像形成部を表す。

図11の実施例では、反射鏡1cは光源1aからの主光線を主として画像形成部2から離れる方向の光軸方向成分をもって反射させ、ついで反射鏡1dによって反射した光束が画像形成部2へむかって光軸に平行をなす方向に反射させられるようになっている。これに対し図12の変形例では反射鏡1cは、光源1aからの光を主として画像形成部2へ近づく方向の光軸方向成分を持って反射させる。図13の変形例では基本配置は図11の実施例に類似しているが図11で反射鏡1c、1dが光軸o-oに関し反対側にあるのに対し、図13では反射鏡1c、1dは光軸の同じ側にある。図14の変形例では光源1aからの光束は主として画像形成部2から離れる方向の光軸方向成分をもって反射鏡1cに向かいそこで反射された後光軸に関して反対側の反射鏡1dで反射して方向制御される。この変形例では、反射鏡1dは今までの例における凹面反射鏡に対し凸面反射鏡となっている。図15の変形例は基本的配置では図12の例と類似している。しかし、図12の例では反射鏡1c、1d間で光束が交差しているのに対し、図15の例では反射鏡1c、1d間で光束が交差していない。図16の変形例は基本的配置では図13の例に類似している。しかし、図13の例では反射鏡1c、1d間で光束が交差しているのに対し、図16の例では、反射鏡1c、1d間で光束が交差していない。この結果として、図16の例では反射鏡1dは凹面鏡ではなく凸面鏡となっている。

以上の図11から図16までの実施例は、光束の開き角及びその分布、照度分

布、方向の各制御を行う光束制御部分群が特に2枚の反射鏡から構成される場合に関するものである。この実施例では、次の様な条件を設定している。すなわち、光源1aは放電灯であり、電極が紙面に垂直に置かれる。分布制御面1cは、全て取り込み角制御を兼ねる。方向制御面1dを射出する光束は全て光軸に対し平行である。また、補助結像装置1bはすべて球面ミラーである。このような制約条件は、構成に関する多様性を制限し、説明を分かりやすくするためのものであり、これに限定されるものでないことは明らかである。

照明部1が共通の回転軸を有する回転対称な反射面から構成される他の実施例を図17及び図18に示す。これらの例では、光軸に沿って置かれた放電灯光源1a、光束取り込み角制御部分群を構成する2つの反射鏡1cと1b、光束制御部分群を構成する2つの反射鏡1dと1e及び画像形成装置2から構成される。反射鏡1bは球面の一部から構成される補助結像装置である。

図17の反射鏡1cは放物面で光源1aからの主光線を光軸方向の平行な光束に変換する。光束制御部分群は、反射鏡1dが分布制御面、反射鏡1eが方向制御面であり、反射鏡1eは照明部からの射出主光線が光軸に平行となるように方向制御を行う。これらの面形状の決定も、上述の2枚構成の例と同様な方法で行われる。図18の場合は、反射鏡1cが楕円面から構成され、反射鏡1dとの間で一旦焦点を結ぶ以外、図17と基本的に同じである。

図11の場合と同じように、このような構成の変形例も多数存在する。例えば、反射鏡1c、1d、1eの形状が主光線を発散するタイプか収束させるタイプか、反射鏡1cと1d、反射鏡1dと1eの間で主光線が交差するかどうか、交差が光軸を跨いで起きるのか、同じ側で起きるのか等、様々の組み合わせがあり、非常に多くの変形例が存在することがわかる。これらに加えて、1eから射出する主光線の方角についても多くのバリエーションが存在する。

このような変形例の詳細は省略するが、重要と思われる各変形例のポイントだ

けを箇条書きにしておく。「取り込み角制御部分群を構成する反射鏡1 cは、光束制御部分群の分布制御面を兼ねることが可能である」「反射鏡1 cが光束制御部分群の分布制御面を兼ねる場合、反射鏡1 d, 1 eのいずれかはその断面が直線上のいわゆる円錐形状であってもかまわない」「勿論、全ての面が曲面であってもかまわない」「最低2面の制御面があれば、制御は可能である」「反射鏡1 eは、その断面が凹又は凸の回転対称面であるが、殆どの場合光軸上に尖点を有する」「反射鏡1 cと1 eの間で主光線が交差する方が照明系の幅を狭くできるが、光源の長さ方向との干渉に注意が必要」「交差タイプは途中で絞りを入れることが可能であり、明るさや光束の開き角を可変にできる」「主光線が交差しないタイプの方が曲面の曲率が緩くでき、制御が楽である場合が多い」等の特徴を列挙することができる。結像系を含めた全体の構成や仕様に応じて、各特徴をうまく生かすことにより、最適な配置を選択することができる。

別の実施例として、光束制御部分群をレンズで構成した実施例を図19に示す。この例では、光軸に沿って置かれた放電灯光源1 aと光束取り込み角制御部分群を構成する2つの反射鏡1 bと1 c、光束制御部分群を構成する2つのレンズ1 d, 1 eから構成される。1 bは球面の一部から構成される補助結像装置である。2つのレンズは、いずれも片方の面を平面にしているが、曲率を持たせることも当然可能である。これらの制御面は基本的には、反射系で構成した図11の場合と同様の考え方で曲面を作ることができ、当然の結果として非球面となる。また、連続した曲面ではなく、フレネルや屈折率分布型のレンズを採用することが可能である。一般的に、レンズで構成する場合には、各素子を直線的に配置することが可能である。

図19の実施例も、光軸を軸とする回転対称面で各面を構成している。図11で説明した基本的アイデアに従えば、発展形として、仮想面での主光線の分布を同心円ではなく楕円的な分布とすることで、光束制御部分群を構成する制御面の

形状を回転非対称面にできることが容易に理解できる。画像形成部の形状は通常四角形であることが多いため、回転対称反射鏡1cで作られる円またはリング状の光束形状を楕円形状に変換し、効率向上を図ることができる。この例は、光束制御部分群が形状変換部分群を兼ねる事例と考えることができる。

以上の他にも、反射面とレンズの組み合わせを初めとして、主光線の方向を変更できる光学素子は、すべて制御面として利用でき、それらの全ての組み合わせが可能である。すなわち、構成方法に関する基本的アイデアが重要なのである。また、必ずしも連続的面である必要はなく、フレネルレンズや回折格子のような素子を使うこともできる。但し、フレネルの様な不連続面は理想的な極限においては問題ないが、通常「けられ」による光束の損失を伴うため、その使用にあたって十分な注意を要する。また、回折格子型の素子は色分散を生じる可能性があるが、インテグレータの様な素子を使用する場合には問題なく使用できる。

以上、図4の第1の実施例の照明部1に関し、その取り込み角制御及び光束制御部分群の変形例を示した。分布制御面は主として、主光線の仮想面における分布を制御し、光束の開き角とその分布及び照度分布の制御を行う。方向制御面は主として光束の方向を制御するが、光束の開き角や分布にも当然影響を与える。仮想面における主光線の分布が同じでも、各制御面の形状や光源からの距離が異なれば、結果も異なる。従って、一般的には、シミュレーションによる確認作業が必要となる。これら制御の基本は、ラグランジュの不変量に基づくものであり、光束の空間的広がりや光束の開き角分布を制御するものである。

以上のような回転対称面で制御面を構成する場合、回転軸を含む断面内での制御は自由に行うことができるが、回転軸に直交する面内の制御は回転軸からの距離に関連して従属的となる。具体的には、図11の様に、光源から等立体角的に発する主光線を仮想面上で等面積的に分布させる場合、ラグランジュの式

$$dx dy dp dq = dx' dy' dp' dq'$$

において、

$$\frac{d p d q}{d x' d y'} = \text{一定}$$

が成り立つため、光源の大きさ  $d x d y$  が主光線の方角によらず一定の場合、仮想面における光束の立体角  $d p' d q'$  もほぼ一定となる。しかし、 $d p'$  と  $d q'$  をそれぞれの方向成分に分解して見た場合、回転軸からの距離によってその割合が変化する。すなわち、回転対称面だけを用いて、各方向成分を含めた光束の開き角分布まで制御する事には限界がある。このような細かな制御が必要な場合には、非回転対称面の導入や独立した多くの曲面パッチの集合体の利用により回転方向の従属性を取り除くことができる。

以上、本発明の照明部1の重要な構成要素である光束制御部分群の説明を行った。次に、同じ照明部1の取り込み角制御部分群を構成する重要な要素である、光源1aの近傍に設けられた補助結像装置1bに関する説明を行う。光束の一部を再び光源に戻すための補助結像装置を照明部1に具備する事は、特公平6-1295号や特開平3-111806号をはじめとして、オーバーヘッドプロジェクタ等多くの製品で既に採用されている。一般的に消費電力を少なくしたい、あるいはスクリーン上の明るさを更に向上したいとの要求は切実であり、当然、光源の利用効率向上に対する要求が強くなる。その場合、光源からの光束で画像形成部2の照射に利用されていない部分の光束を利用する事が解決の有効な手段となる。

また、本発明のように、画像形成部2における光束の開き角 $\theta$ を小さく設定する場合、それに見合う十分小さな光源が入手できない場合が多いため、取り込み角制御部分群で直接取り込む立体角を小さくするとともに、補助結像装置を利用することが不可欠となる。以上の事項を目的として設ける補助結像装置の物点及び像点は光源そのものであり、結像位置はもともと光点のある近傍という条件が

つく。

さて、このような補助結像装置を用いる場合、その結像倍率の大きさを1以上、すなわち拡大系として構成したほうが理論的には効率の向上を図ることができる。すなわち、図4の補助結像装置1bがない場合の正規の光学系1c、1d等による光束の取り込み効率を $\eta_0$ とすると、補助結像装置による発光部の拡大率が

$$\beta = \frac{1}{4 \eta_0 (1 - \eta_0)}$$

を満足するとき、補助結像装置の効率は最大となり、その時の最大効率が

$$\eta_{max} = 2 \eta_0 (1 - \eta_0)$$

で与えられることが、光源を球光源とし、その配光特性が一定との条件のもとで、簡単な計算から導くことができる。補助結像装置が縮小系の時は、倍率1の時に最も効率が高く、従って効率 $\eta$ はもともとの正規の照明部の効率 $\eta_0$ を越えることができない。

通常の要求に対しては、本実施例で用いられる球面ミラー1b（倍率が1に相当する）を配置することで十分である。但し、同じ球面ミラーを設置するにしても良く考えて行う必要がある。すなわち、光源の大きさが比較的大きい場合、球面ミラーの曲率半径を小さくしすぎると、収差の影響で光源像が更に大きくなったり、位置精度が厳しくなったりする。逆に大きすぎると、コストが高くなったり、装置全体の大きさに影響を与える。従って、光源の大きさに応じ、最適な曲率半径のミラーを使用する必要がある。また、補助結像装置を光源に対してどのように配置するかも重要である。

更に高い光束の利用効率が要求される場合は、球面反射鏡1bに代えて適切な大きさの結像倍率をもつ補助結像装置を使用する方が望ましい。そのような補助結像装置の例を図20に示す。この補助結像装置は、2枚の反射鏡1ba、1bbで構成される。図では、1baが2枚に別れているように書かれているが、基

本的には一体のものである。また、メタルハライドランプのような放電ランプ1 aの電極を、補助結像装置の光軸o-oに関し垂直に配置した例である。光束Lが射出している開口部1 b dは、照明部が光源1 aから光束を取り込む部分に相当する。図20は、1 b d以外の開口部を反射鏡1 b a、1 b bで覆い、開口部1 b dに光束を有効に折り返す1つの手段を示している。電極を延長した部分は、反射鏡で覆われてはいないが、通常光源1 aが図22に示すような配光特性を持っているため、この部分による光束の損失は殆どない。このように、光源の大きさだけでなく、配光特性やその形状を考慮し、それをうまく利用することも大切である。

図21に図20の補助結像装置の光軸o-oを含みかつ、電極方向に直交する断面を示す。各反射鏡は水平方向に記された光軸o-oに関し回転対称であり、光束の射出する開口部1 b dは図の右側に配置されている。画像形成部2に向かう光束が射出する1 b dの開口角は、反射鏡の光軸o-oに対し上下 $\pm 45$ 度の角度となるように設定されている。以上の構成において、光源1 aより真上方向90度の開き角に発せられる光束は図上部の反射鏡1 b aで反射され、更に左下側の反射鏡1 b bで反射後、開口部1 b dの上部45度の範囲を通して照明部1の反射鏡1 cにもたらされる。従って結像装置としての結像倍率は約2倍に設定されている。これは、丁度最大効率の倍率条件となっている。同様にして真下方向90度の範囲に発せられる光束は開口部1 b dの下部45度の範囲から射出する。

さて、図21の例の場合には、上記とは別の光束の経路が考えられる。すなわち、最初に左下側45度の範囲に発せられる光束は、先ほどとは逆に、反射鏡1 b bで反射後、上側の反射鏡1 b a、下側の反射鏡1 b a、左上側の反射鏡1 b bを通り開口部1 b dの下部を通して射出する。この場合の結像装置としての結像倍率は約1である。従って、この例の補助結像装置は、いずれの経路を通して光学倍率が1以上という条件を満たしており、両方の経路を合わせ利用効率向



上のための有効な手段を提供する。これは、一例に過ぎないが、光源の配光特性や大きさ、形状に合わせ、倍率が1以上と言う条件をみたす様々の補助結像装置が提案できる。

以上説明した図20の補助結像装置は、基本的に1ba、1bbという2枚の反射鏡の組み合わせで構成されている。しかし、光源の光束が最初に進む方向によって、結像装置としての作用が異なり、結果として複数の結像装置を含んでいることに注目する必要がある。補助結像装置としての結像倍率が1より大きいという議論はあくまでも理論的な帰結である。実際上においては、例えば放電灯の場合、元の光点の大きさより大きい像が作られた場合、電極による「けられ」が発生し、理論通りの効率を得られない。従って場合によっては、倍率1以下の補助結像装置を用いた方が良い結果が得られる場合もある。また、特公昭40-6028の様に、光源像を元の光点位置から意識的にずらしたりする工夫も大切である。

このように光点に直接光を戻してやることで、光点付近の温度が上昇し、ランプの発光条件を大幅に変えてしまう。そのため、光のスペクトル分布や寿命等に悪影響を及ぼす可能性がある。それらについては、これら補助結像装置の設置を前提とした上で光源に関する、電極のギャップ、注入電力、冷却条件等の諸条件を最適化することが必要である。また、熱的影響を避けるために、補助結像装置の反射面に熱線を通過させるコールドミラーを採用する等の工夫も必要となる。

このような補助結像装置自体にレンズを使用することは当然可能であるが、補助結像装置は大きな立体角を扱うことが多く、できる限り簡単かつ小さな空間で構成しようとする場合には、反射光学手段のほうが有利である。逆に、このような実施例の場合、レンズを射出口1bdの近傍に置き、平行光を作り出すために利用の方が効果的である。この場合、1ba、1bbにより光束制御を行うことも可能で、レンズから射出した平行光束を画像形成部の照明光束として利用す

ることも可能である。光束制御が射出後に行われる場合には、1 b a、1 b bを楕円面とし、各焦点に光源を置くことで、倍近い光束量を得ることも原理的に可能である。

次に図4の第1の実施例の最後の構成要素である結像部3について説明する。まず注目すべきは、結像部3がわずか2枚の反射鏡3 a、3 bにより構成されていることである。このような構成は、従来の投写型ディスプレイ装置では全く不可能であった。本発明では、繰り返し述べているように、できるだけ簡単な構成で、投写型ディスプレイ装置として備えるべき4つの特徴を実現するために、開き角 $\phi$ が8度以下の光束を利用する。その結果として、このような構成が可能となる。

即ち、画像形成部2から射出し、結像部3に入る光束の開き角とその分布、照度分布、方向を照明部1で制御し、結像部3に入射する光束の開き角 $\phi$ を解像度と光束の利用効率が許す範囲で可能な限り小さくする事で、結像部3の光学系で補正すべき収差の数を少なくすることができる。そのため、結像部3に反射光学系を用いる際の最大の問題となる、「補正に利用できるパラメータ数が少ない」という致命的な欠点を克服し、その少ないパラメータをザイデルの5収差のうちの、例えば非点収差、歪曲収差、像面湾曲の補正に効果的に用いることが可能となる。このうち、更に、像面湾曲については、例えばスクリーンを湾曲させることにより補正し、残りの2つの収差の補正に集中することも可能である。

以上のような基本的考え方にに基づき、4大特徴を有するとともに、小型・軽量、安価という条件を満足する投写装置を実現することができる。ある限られた用途においては、結像部3が取り込む光束の開き角 $\phi$ を十分小さくすることにより、1枚の反射鏡だけで構成することも可能ではあるが、普通に要求される明るさ、解像度、投影距離等の諸条件を自由に制御するという点においては、最低2枚の反射手段を用いることが不可欠である。また反射鏡の場合には、補正の自由度確

保のためにその非球面化が不可欠である。

さて、反射光学系を用いて、結像部3を構成する場合、画像形成部2に最も近く、かつ、結像作用を有する反射光学手段が、画像形成部2に対し収束作用を持つことが多い。その事情を、図23及び図24の概念図に従って説明する。簡単のため、画像形成部2は透過型の表示装置で構成され、主光線束Lが互いに平行かつ画像形成部2に垂直に入射するものとする。また、結像部3は2枚の反射鏡3a, 3bよりなるものとする。

以上の構成に於いて、結像部3の第1の反射鏡3aが収束作用を有する場合に、図23に図示するように、反射した主光線束Lが互いに収束する方向に集められる。この場合、画像形成部2によるケラレを避けやすく、小型化の点で有利である。図24に示すように、逆に3aが発散作用を有する場合、主光線束Lは反射後互いに発散し、次の反射鏡3bが大型化してしまう。また、画像形成部2自身で光束がケラレてしまうこともあり、レイアウト上大きな制約を受けることになる。以上は、画像形成部2からの主光線束Lが平行な場合であるが、画像形成部2を通過後の主光線束Lが例えば収束光となっている場合にはこの限りではない。

もう一つの理由として、図4にもあるように、画像形成部2と結像部3との間に、色分解系のような構成要素を入れる場合があり、そのための十分な作動距離を必要とすることが多い。このため、凹レンズの作用をする要素が結像部3のスクリーン側に配置される方が有利である。従って、少ない構成枚数で結像部を実現する場合、画像形成部2に近い最初の面が凹面である（凸レンズの作用を有する）方が望ましい。

次に図4の結像部3の開口絞り3cであるが、この実施例では、収束作用を有する反射鏡3aの焦点近傍に設けられている。この開口絞りは、所定の値より大きな開き角の光束を遮蔽する働きをもつ。またそれだけではなく、必要に応じ通

常のレンズ系と同様、許される範囲内で絞りの大きさを可変とし、スクリーンに到達する光束量や解像力を簡単に調整することも可能である。また、この絞りは必ずしも開口型である必要はなく、平板上に設けた小さな円板状のミラーでも良い。極端な場合、結像部の反射鏡の配置によっては、3bの反射蒸着範囲を一定の形状にするだけで良い場合もある。またこの絞りは、以上の働きのほかに、よけいなフレアや迷光をカットするための重要な手段ともなる。

以上、図4の本発明の第1の実施例に関し、その各構成部の変形例も含め、詳細な説明を行った。次に、本発明に基づく第2の実施例を図5に示す。照明部1の構成は第1の実施例とほとんど同じである。すなわち、紙面に垂直に置かれた放電灯光源1aから発する光束を、取り込み角制御部分群を構成する反射鏡1cで反射鏡1dに導く。実施例1と同様、反射鏡1cは光束制御部分群の分布制御面を兼ねている。反射鏡1dは方向制御面の役割を果たす。実施例1と異なる点は、画像形成部2の法線に対し主光線を一定の角度だけ傾け、互いに平行な光束として入射させていることである。この照明部1には、第1の実施例の照明部の項で説明した多くの変形例が利用可能である。

画像形成部2の2a、2bは実施例1と同様色分解合成に使用するダイクロイックミラーである。第1の実施例と比較し、この色分解系の大幅な簡素化が図られていることがわかる。この理由は、画像形成部2に反射型の画像表示装置を用いているためである。図中2i、2g、2hに示されるのが各色に対応する表示装置で、具体的には反射型のポリマー分散型液晶を用いている。この他にも、TN液晶を用いた反射型液晶やDMDのような反射型画像表示装置を利用することが可能である。画像形成部2の法線に対し主光線を一定の角度だけ傾けているのは、反射型の画像形成部から反射された光束が他の構成要素でケラレることを防ぐためである。

ダイクロイックミラー2a、2bの代わりにダイクロイックプリズムを用いる

こともできる。これは、結像部にレンズ系を用いる場合、色分解系を入れるだけの十分な作動距離を確保できないとき有効である。しかしながら、本実施例のようなダイクロイックミラーに比べ大幅なコストアップとなってしまう。また、このような形でダイクロイックミラーを使用する場合には、各表示装置に対するミラーの寄与が異なるため、平面性や解像度を劣化させないための十分な注意が必要である。各ミラーを平行平面ではなく楔にすることで性能劣化を防ぐことも、昔から知られている方法である。

本実施例を含め、第1の実施例でも画像形成部2を照射する照明部1からの主光線が互いに平行になる様に構成されていた。これは、本発明にとって本質的なことではないが、実際に投写装置を構成する場合にはその様な構成が望ましい場合が多い。それにはいくつかの理由が挙げられる。一つは、画像形成部2を構成する主要デバイスとして液晶表示装置を考えた場合、入射する光束の角度により画像のコントラストや透過率、色相等が変化するという欠点をもつことである。そのため、このような表示装置を使用する場合、画像形成部2を照射する光束の主光線を画像形成部2に垂直、あるいは、できるだけ一定の角度を持つように入射させるのが好ましい。

また、本実施例にも採用されている色分解合成を行うダイクロイックミラーや市場の製品に利用されているダイクロイックプリズムの様な多層膜を利用する光学部品についても同様なことが言える。これらの光学部品は、入射する光束の角度に敏感であるため、入射光束が様々な角度を持つことは、部品に厳しいスペックを要求することになる。このように、画像形成部2を通る光束が平行光という条件を課す方がいろいろな面で都合の良いことが多い。

さて、画像形成部2を通った光束は、結像部3に入射する。本実施例2の結像部3は、共通の回転軸を有する3枚の反射鏡3a、3b、3dと絞り3cにより構成される。絞り3cの働きは、実施例1と同様である。照明光束の主光線が平

行光束であるため、結像作用を有する反射鏡3 aは画像形成部2に対しやはり凹面を向けている。反射鏡3 b、3 dは、各反射鏡の配置により凹凸いずれの形状を取ることも可能である。画像形成部2で反射された光束は、以上の反射鏡3 a、絞り3 c、反射鏡3 b、3 dを通して図示していないスクリーン4の上に2次画像を形成する。本実施例の結像部3は、照明部1の下側にあるが、これはこの投写装置を天井や側壁面上部に設置する際、便利な構成である。また、光源から発する熱の影響を受けにくい構成でもある。

以上、本発明第2の実施例の全体構成を概観した。次に、各構成部について、もう少し詳細に説明する。照明部1を構成する反射鏡で光源に近い1 b、1 c等は、放電灯の場合では、200度を越える温度になるため、どうしても熱の影響を受けやすく、変形や経時変化の心配がある。そのため材料的にも耐熱性のある合成樹脂やガラス、金属等の使用が考えられるが、なかでもガラスは反射膜との相性も良く、選択の幅も広いため、光源に近い部分や光束が集中する場所に用いると効果的である。

しかし、前述のように照明部1を構成する各制御面の形状は、一般的には球面のような単純な形状ではないため、その製造には困難さを伴う。また、従来の放物面等の照明用反射鏡が形状精度50～100  $\mu\text{m}$ といった大雑把な精度であることに比べ、比較的高い形状精度が要求される。このようなガラスの任意形状を創成する手法として、研磨・ベンディング・ガラスモールド・精密ガラスモールド等様々の方法が考えられる。研磨だけでこのような光学系を製造するには、時間もかかり、コスト的に見て不利である。そのため、やはり一番先に考えられるのが成形である。同じ成形でも、上記のいくつかの製法が考えられる。現在のところ、全ての大きさ、形状、精度を同時に満足する製法が存在しないため、各製法の長所短所を良く考え、製品と使用する場所にあった適切な製法を選択する必要がある。逆に、製法を考慮した形状の最適化も必要である。

ガラスの場合には成形温度が非常に高いため、多くの制約条件が生じる。しかし、反射面の場合には、レンズのように肉厚差を必要とせず基本的には均肉で良い。また、反射面の形状さえ出ていれば良いため、最も成形しやすい材料を選択する事ができる。反射面の場合には、上記いずれの方法を選択しても、通常のレンズのモールドに比較し、条件が好循環で制約が少なく、大きな量産上のメリットを有している。本実施例の照明部1を構成する反射鏡は、回転対称面を用いて構成しているが、これは実際の製造の際には有利な条件である。なぜなら、回転対称面は旋盤による加工ができるため精度が出しやすい。近年、自由曲面が比較的精度良く加工できる工作機が市場に出るようになってきたが、次工程の研磨や型のメンテナンスを考えた場合、旋盤が最も有利である。

次に結像部3の構成の説明に移るが、本実施例のように、結像部3が共通の回転軸を有する反射鏡3a, 3b, 3dにより構成されている場合、従来のレンズ設計と同じ手法が適用できる。制御すべき収差の数を減らす手段としてスクリーン4を湾曲させる事に触れたが、このことは結像部3のペツパール和を制御することに相当する。これは、通常のレンズ設計に於ける常套手段の一つである。このペツパール和をあらかじめスクリーン4の湾曲度に応じ制御しておくことで、結像部3において補正すべき主たる収差が、非点収差、歪曲収差等になることは前に述べた通りである。屈折系と異なり、反射系の場合には、豊富なガラス材料の屈折率差をペツパール和の補正に利用することはできない。

実際の例として、図25の様に、結像部3を2枚の非球面反射鏡3a, 3bで構成する場合を考えてみよう。図25のo-oは共通の回転軸（光軸）を表す。画像形成部2から射出した光束は、反射鏡3aで反射された後、更に反射鏡3bで反射され、スクリーン4の上に2次画像を形成する。このとき、2枚の反射鏡3a, 3bの合成焦点距離 $f$ 及びペツパール和 $p$ に関し下記の式が成立つ。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_{3a}} + \frac{1}{f_{3b}} - d_1 \times \frac{1}{f_{3a}} \times \frac{1}{f_{3b}}$$

$$p \propto \frac{1}{f_{3a}} + \frac{1}{f_{3b}}$$

ここで、添字付きの  $f$  は、各々の反射鏡 3 a, 3 b の焦点距離、 $d_1$  は 2 つの反射鏡の光軸間距離である。従って、もし、スクリーン 4 が平面の場合、像曲湾曲をなくすべく、ペツパール和  $p$  をゼロとするためには、 $f_{3a}$  と  $f_{3b}$  の符号を逆とし、かつ、絶対値が同じになるようにしなければならない。これは、曲率の等しい凹面鏡と凸面鏡を組み合わせることである。その場合、投影距離と拡大倍率から決まる結像部 3 の合成焦点  $f$  を確保するためには、唯一残った近軸パラメータ  $d_1$  を調整するしかない。もちろん曲率半径を厳密に等しくとる必要はなく、実際には収差補正可能な範囲が存在することは言うまでもない。最適なペツパール和をどのくらいの数値に設定するかは、画像形成部の光軸からの距離、焦点距離、配置等により異なってくる。

2～3 枚程度の反射鏡で結像部 3 を構成する場合には、以上の考え方と同様にして、結像に関する幾つかの近軸条件とペツパール条件に関する方程式を立てて、物理的に可能な配置を選択し、それに対し次々と収差補正を試みればよい。さらに、各反射鏡の詳細な形状は、残収差を見ながらそれらが小さくなるように最適化することで決定される。この面形状は、光軸に対し回転対象の場合、通常光学で良く使用する 2 次曲面に高次の補正項を持たせた以下のような非球面式を用いることもできる。

$$Z = \frac{c h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) c^2 h^2}} + A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10} + E h^{12} \dots$$



但し、 $z$  は面の深さ、 $h$  は光軸からの高さ、 $k$  は円錐常数、 $c = 1/r$  は近軸曲率（ $r$  は近軸曲率半径）、 $A$ 、 $B$ 、 $C \cdots$  等は高次の補正係数である。しかし、この式だけに限定する必要はなく、一般の多項式やスプライン関数等の表示形式も当然可能である。以上の様にペツパール和を制御する手法は、数少ないパラメータを更に制約し、設計の自由度を奪うように見えるが、実際に設計を試みると非常にうまく収差補正できることがわかる。また、屈折系では困難な長いバックフォーカスを楽に確保することもできる。このようにして設計した他の例を、図25の例と合わせ、図25～図27に示す。また、各図に対応する各々の曲率半径、間隔、非球面の係数データを表1～3に示す。各表1、2、3における各記号は、図のそれぞれの記号に対応する。例えば、 $d$  は各面の光軸間距離を、 $r$  は各面に関する前出の非球面式の近軸曲率半径を、 $k$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  は同じく前出の非球面式の係数を表す。なお、表中  $E-8$  等は  $10$  の指数  $10^{-8}$  を表す。

【表 1】

曲率半径	間隔
	d0=160.64
r1=237.98	d1=299.8
r2=341.01	d2=2387.1

光学仕様		
焦点距離	mm	57.74
倍率		-43
FNO		16.4
開き角 $\phi$	度	3.5
半面角	度	31

[illegible]

【表 2】

曲率半径	間隔
	d0=189.5
r1=246	d1=235
r2=282.35	d2=143.95
r3=1290.715	d3=2070.8

光学仕様	
焦点距離 mm	51.97
倍 率	-43
FNO	8.97
開き角 $\phi$ 度	6.4
半画角 度	32.2

[illegible]

【表 3】

曲率半径	間隔
	d0=197
r1=273.94	d1=250
r2=766.81	d2=250
r3=479.56	d3=250
r4=900	d4=800

光学仕様	
焦点距離 mm	23.54
倍 率	-43
FNO	11.3
開き角 φ 度	5
半面角 度	50.7

3 a 非球面係数	k	A	B	C	D
	0.0855	-0.11272E-10	-0.43178E-11	0.72344E-14	-0.40083E-17
	—	E	F	G	H
	—	—	—	—	—
3 b 非球面係数	k	A	B	C	D
	75.894	0.27461E-7	-0.72184E-11	0.49008E-14	-0.14449E-17
	—	E	F	G	H
	—	—	—	—	—
3 c 非球面係数	k	A	B	C	D
	-0.1734	-0.44094E-8	-0.17056E-12	-0.61638E-17	0.61575E-21
	—	E	F	G	H
	—	—	—	—	—
3 d 非球面係数	k	A	B	C	D
	-65.061	-0.59731E-10	-0.36302E-15	-0.14193E-20	0.13839E-26
	—	E	F	G	H
	—	—	—	—	—

さて、結像部3が少ない枚数の反射光学系で構成できることは、非常に有利である。例えば、合成樹脂の積極的な採用が可能となる。レンズの場合には、材料の屈折率が温度によって変化する問題や透過率の良い均質な材料が得られにくいこともあり、合成樹脂の採用は制限を受ける。過去において、コンパクトディスクの対物レンズはその成功例の一つである。この場合には、使用する波長が単一波長で、画角が小さく、更にメカ的な駆動機構により焦点調節が行われる。そのため、温度による屈折率変化が問題とならない。しかし、カメラ等のレンズに採用する場合は、材料的にも、PC（ポリカーボネート）やPMMA（ポリメチルメタクリレート）等の非晶質の材料に限定されてしまう。また、温度変化に対応するため、温度補償用の回路を設けたりしなければならない。

一方、反射系の場合、このような屈折系と異なり光束が光学材料の中を通過しないため、光を反射する面形状の精度だけが必要となる。そのため、材料選定の幅が広がるとともに、面形状や使用する部分に応じた材料の最適化を図ることができる。また、温度変化についても、比較的線膨張率や成型収縮の少ない材料の選択が可能である。また、その成形方法も目的に最も適した方法を選択することができる。このように、レンズと異なり、材料、製造方法、コスト、重量等様々な面で有利となる。

結像部3を反射光学素子で構成し、成型で製造できることは、斜め投射を実現する手段として有利な点がもう一つ存在する。従来、屈折系により斜め投射を行うためには、あらかじめ大きな画角で設計しておき、実際使用しない部分も含め、径の大きなレンズを準備する必要があった。その状況を図28に示す。通常の投影において、画像形成部2からの光束は、屈折系で構成される結像部3を通過してスクリーン4aの上に投影される。結像部3の形状は模式図であり実際の構成を示すものではない。また、画像形成部2のうち、2aは実際に画像を形成する部分であり、2bは主光線を集光するためのコンデンサーレンズである。さて、

斜め投射を行う場合には、結像部3の光軸 $o-o$ を点線で示すように $o'-o'$ に偏心させなければならない。また、その様に偏心していることを前提としてあらかじめ収差補正がなされる。実際光束が通過する部分は、結像部3の一部分に限定されているが、レンズを円形以外で作成すると、コスト高になる他、光軸や心出し調整にも1/100mm台の高い精度が要求されるため、組立上も容易ではない。そのため勢い大きな円形で作り組み立てを行うことになる。

反射光学系を成形等の手段により作成する場合には、このような制約がないため、自由な外形形状で成形することができる。従って、最初から実際に使用する範囲だけを成型すればよいため、当然小型化が可能で、コスト的にも安くなる。また、使用する光束の開き角 $\phi$ が小さいため、精度的にも比較的ラフな精度で良く、組み立ても楽である。

さて、今度は投写型ディスプレイ装置の位置を変更することを考える。最初に、スクリーン4を固定し、それに対して平行に装置の位置を変更する場合について考える。これは見方を変えれば、装置を固定しておき、その投影画像をスクリーンに平行に移動させるとしても同じである。屈折系のレンズの場合には、レンズ系をその光軸に対し垂直方向に移動させることによりその様な調整が可能となる。その模式図は前出の図28に示した通りである。即ち、最初実線で示したように、光軸上4aに投影されていたものを図中下側4bの点線の位置に移動する場合、やはりレンズの光軸を $o'-o'$ で示されるように下側に一定量だけ移動させれば良い。

結像部3を反射光学素子により構成した場合も、基本的には同じ原理で位置調整が可能である。ただし、その場合には固定の場合に比較し、変化範囲に合わせて光学素子を少し大きめに作っておく必要がある。その時の模式図を図29～図31に示す。図29は、光軸を一致させた回転対称な3枚の反射鏡3a, 3b, 3dにより結像部3を構成した場合の断面図である。2は画像形成部である。

このような結像部に関し、図示されていないスクリーン4を光軸o-oの延長線下側に設置し、下方に向けて投影する場合の各反射鏡の使用範囲を図30に示す。この図は、光軸o-oの延長線上で3dの右側からみた様子を示す。斜線は実際に光束が各反射鏡を通過する範囲を示している。また、反射鏡3aに示される少し太目の破線は、画像形成部2の位置もあらわしている。図31は、投写装置の光学系の位置を変更し、右下方向に投影する場合を示している。図30と比較してみれば明らかなように、図31では反射鏡の使用範囲が変化する。このように投影位置を左右に変更するためには、図の黒丸で示した結像部3の光軸を画像形成部2の中心軸に対し左右方向に移動させれば良い。

本発明の投写装置の場合、その設計思想において初めから斜め投射を意図している。そのため、投写装置を側壁面に近接して設置する等邪魔にならず、頻繁に移動させる必要はない場合も多い。しかし、会議室等で部屋の間仕切りを変更したり、拡大倍率を変更したい場合、それに合わせ、間欠的あるいは連続的に結像部を動かす機構を設け、装置の位置や投写方向を変更できることは便利である。逆に、固定的に用いる場合には、図30の様に各素子の使用する部分が固定化されるため、その使用する部分だけを作ること、大幅なコストダウンや小型化が可能となることは言うまでもない。本発明においては、結像部3を構成する各反射光学手段の光軸が一致している必要はないが、結像部3全体を移動させて調整を行う際には、光軸が一致している方が精度的な面を含め都合が良い。

上記の手段は、投影画像を画像形成部2を基準面として、平行に移動させる方法を提供する。しかし、簡易的には図29の反射鏡3dを傾斜させることでも実現できる。例えば、投影画像を上下方向に移動させる場合、同じく3dを紙面内で傾ければよい。しかしながら、このような簡易的な方法は、通常解像度の劣化や歪曲の変動を伴うため、採用には十分な注意が必要である。

次に、スクリーン4に対し、奥行方向に投写装置の位置を変える場合を考える。

本発明の場合、結像部3の取り込む光束の開き角 $\phi$ をできる限り小さくするため、結像部3は結果として非常に深い焦点深度を持っている。しかしながら、投影距離を大幅に変更した場合や、更に明るさが要求され、限度ぎりぎりまで開き角 $\phi$ を大きく取った場合には、一般の光学系と同様、やはり焦点調節機能をもたせる必要がある。これは通常のレンズ系のピント調整に対応し、様々の方式が考えられている。ごく一般的に行われるように、画像形成部2に対し、結像部3全体を移動させ、倍率を変化させることにより、焦点調節を行う方法も考えられるが、全体移動はおおがかりな移動機構が必要となるため大変である。そのため、結像部3のいずれかの部品を移動させ、焦点調節を行うのがより便利である。本実施例では、結像部3の第1反射鏡3aだけをその光軸に沿って微動させることでその様な調節が可能である。

また、上記の様な焦点調節だけでなく、投影距離の変動に伴う収差変化の補正にも利用することができる。このような調整は、いずれかの光学素子を、画像形成部を基準面としてその法線方向に移動させることで実現できる。

さて、本発明の様に、光束制御を基礎とした照明部を有する投写装置の画像形成部に、ポリマー分散型液晶を用いた場合、照明部1からの光束が小さな開き角 $\theta$ で効率良く画像形成部2に入射する様に制御されているため、直接明るさ向上につながる。さらに、結像部3が8度以下の小さな開き角 $\phi$ の光束だけを利用し、結果として大きなFナンバーを持っているため、コントラスト向上にも寄与する。その結果、光学系に負担がかからず、明るくコントラストが良い上に、斜め投射・均一な明るさ・近距離拡大投射・焦点深度の深さという本発明の目的が同時に達成されることになり、本発明の投写型ディスプレイ装置にとってまさに最適な表示装置と言える。本発明の画像形成部に対する要求事項として、その前後で光束の開き角が大きく変化しないことという制限を設けている。ポリマー分散型の液晶の場合、その動作原理として、散乱モード時には光束の開き角が大きく変化

するが、透過モードの場合は開き角は殆ど変化していないことに注意する。

以上、本発明の第2の実施例につき詳細に説明を行った。本実施例の様に結像部3に反射系を採用することにより、結像部を大型化することなく、軽く、しかも低コストで投写装置を構成することができる。その結果として、スクリーンに対し視聴者が邪魔にならない側壁面等に、投写装置を設置することが可能となることを再度強調しておく必要がある。

次に、本発明の第3の実施例を図6に示す。本実施例は、第1及び第2の実施例の前面投写型とは異なり、視聴者と反対の側からスクリーンに投射する方式の、背面投写型ディスプレイ装置の例である。背面投射型は前面投写型に比較し、外光の影響を受けにくく、比較的コントラストの良い画像を得ることができる。背面投写型のディスプレイ装置では、その薄型化が最も大きな課題であるが、その主な要因が結像部の焦点距離である。すなわち、焦点距離が短いほど、投射距離を短くでき、装置の薄型化が可能となる。しかし、焦点距離が短くなるに従って、結像系も複雑になりコストアップの要因となる。

さて、本実施例の照明部1及び画像形成部2の構成は図5の第2の実施例と基本的に同じであり説明を省略する。特に特徴的なことは、その結像部3の構造である。図6の結像部は、結像作用を有する4枚の反射鏡3a, 3b, 3d, 3e, と平面反射鏡3fの5枚の反射鏡と開口絞り3cより構成される。画像形成部2から射出した光束は、上記の順序で順次反射されて、スクリーン4上に2次画像を形成する。従来の背面投写型ディスプレイ装置を図44に示すが、投写装置部分7aと光束を折り畳む目的の、平面反射鏡7b, 7cとが明確に分かれているのに対し、図6では、結像部を構成する反射鏡が同時に光束を折り畳む反射鏡の役割を果たしている。このため、比較的長い焦点距離でも投射距離の短縮化が可能となる。これが、わずか4枚の反射鏡で、結像部が構成できる理由でもある。課題の薄型化についても、60インチ大画面ディスプレイが無理することなくわず



か35cm以下の厚さで実現可能である。さらに、図44の従来例では、光束を折り曲げるための大きな平面ミラー7cを斜めに支える必要がある。これを避けるために、フィルム状のペリクルミラーを使用したりするが、本実施例の平面鏡3fは、鉛直方向にぶら下げるだけで良い。このように反射型光学素子を用いた結像部3は、背面投射型でも注目すべき特徴を発揮することがわかる。

結像部をこのように結像作用を有する4枚の反射鏡3a, 3b, 3d, 3eで構成する場合、その配置にも自由度が確保できる。本実施例では、3aが凹面鏡、3bが凸面鏡、3dが凹面鏡、3eが凸面鏡で構成されている。この面の形状に関しても凹凸凸凸、凹凹凸凸等の変形例を取ることが可能であるが、詳細は省略する。

最後に、本発明第4の実施例を図7に示す。照明部1は、光源1a、反射鏡1b, 1c, レンズ1d, 1e, 1f, 1gから構成される。反射鏡1bは、その中心を光源の仮想中心にもつ球面の一部で、補助結像装置を構成している。回転対称面を有する反射鏡1cは、反射鏡1bとともに取り込み角制御部分群を構成する。また、反射鏡1cは同じく回転対称面を有するレンズ1dとともに、光束制御部分群を構成する。更に、本実施例では、画像形成部2と光束制御部分群の間に、レンズ1e, 1f, 1gから構成されるインテグレータを設けている。このインテグレータは形状変換部分群を構成する。この構成では、レンズ1e, 1fをそれぞれ表裏逆にすることで、レンズ1dと1e及びレンズ1fと1gは一体成型が可能であることが容易にわかる。

画像形成部2は、平凸レンズ2a、単板の透過式ポリマー分散型液晶表示装置2b、平凸レンズ2cから構成される。レンズ2aはインテグレータからの主光線を表示装置2bに垂直に入射させるためのフィールドレンズである。また、レンズ2cは、表示装置から射出する主光線を結像部3の入射瞳に入射させるための同じくフィールドレンズの役割を果たす。

結像部3は、共通の回転軸（以下光軸と呼ぶ）を有する4枚のレンズ3a, 3b, 3d, 3eと開口絞り3cから構成される。

本実施例では、特に形状変換部分群を中心として説明する。従来の技術でも述べたように、インテグレータは光束の有効利用と照度の均一化に関し、非常に有効である。しかしながら、特開平7-174974にも記載されているように、光源からの光束を放物面等により直接インテグレータに送り込む構成では、インテグレータの入射面における光束の開き角やその分布が不均一となる。そのため、1fを同じ大きさのレンズアレイで構成する場合、素子1e, 1f間で、光束の結合損失が発生する。

この辺の事情をもう少し詳細に説明する。図32にインテグレータを構成するレンズアレイ1e, 1fの上の各対応するレンズ対1eaと1faだけを取り出した模式図を示す。1eaの外形形状は、画像形成部2の外形形状と略相似である。フィールドレンズ1gは主光線を画像形成部の方向に曲げるだけの手段と考え、とりあえず省略して考える。従って、図32の点線で示される、光束制御部分群からの光束は、1eを構成するレンズアレイの中の任意のレンズ1ea上に、開き角 $\gamma$ を有する光束を形成する。この開き角 $\gamma$ の光束は、レンズアレイ1f上の1eaに対応するレンズ1faにより、画像形成部2上に結像される。一方、破線で示される光束制御部群からの主光線は、レンズ1faの中心を通り、同じく画像形成部2に到達する。

このような原理に忠実な構成のインテグレータにおいて、1eaに入射する主光線が1eaの光軸に平行に入射する場合、1eaと1faの間隔は1eaの焦点距離にほぼ等しい。また、1faの光学的倍率 $\beta$ は、1eaと画像形成部2の大きさの比により決定される。従って、他のパラメータを一定にして1eの分割数を多くするに従って、1faの結像倍率も大きくなることがわかる。この時、1faを通りかつ、画像形成部2に到達する光束の開き角 $\theta'$ は、

$$\theta' = \frac{\gamma}{\beta}$$

で与えられる。以上のことから、1 e の大きさと、分割数、更にその焦点距離が決まれば基本的なインテグレータの配置が決定されることがわかる。この角度  $\theta'$  が、画像形成部 2 における光束の開き角を決定する 1 つの要素となる。

次に、画像形成部 2 における、光束の開き角を決定するもう一つの要素を考える。上記の  $\theta'$  の他に、図 3 3 に示すような、レンズアレー 1 f の大きさと画像形成部 2 との距離  $d_2$  によって決定される角度  $\theta$  が存在する。これは、1 f が小さいほど、また、 $d_2$  が長いほど小さくなる。一般に 1 f a は拡大系を構成し、通常の場合、

$$\theta' < \theta$$

となり、画像形成部 2 における光束の開き角は、ほぼ  $\theta$  により決定される。従って、光束の開き角  $\theta$  を小さくするには、上記のようにレンズアレー 1 f の大きさを小さくするか、 $d_2$  を長くするしかない。1 f を小さくすると、以前説明したラグランジュの関係式により、発散角  $\gamma$  が大きくなる。 $d_2$  を長くすると、倍率の条件を満たすため必然的に図 3 2 の  $d_1$  も長くなる。いずれにしても、1 e a と 1 f a の間での光束損失の可能性が増大することとなる。

もう少し定量的に見るために、以前特定のレイアウトを仮定して導いた式

$$\frac{S}{\delta S} = \frac{2\pi}{\phi^2} \eta$$

を再度用いて概略の効率の見積もりを行う。但し、光束制御の対象は、インテグレータの入射面であるため、 $\phi$  は画像形成部における開き角ではなく、インテグレータの 1 e における開き角  $\gamma$  と対応する。簡単のため、1 e と 1 f の外形が同じ大きさ  $l$  をもつと考ておく。また、対角の分割数を  $n$ 、アスペクト比の補正係数  $k$  とする。このような仮定の下で、1 e と 1 f の間で結合損失が起こらない条件は次のように書くことができる。

$$d_1 \tan \phi < k \times \frac{\ell}{n}$$

また、画像形成部における開き角  $\theta$  及び倍率  $\beta$  は、画像形成部の対角を  $\ell g$  として

$$\tan \theta \doteq \frac{\ell}{d_2}$$

$$\beta = \frac{d_2}{d_1} = n \frac{\ell g}{\ell}$$

さらに、 $S$  はインテグレータ 1 e の面積であるから、

$$S = \pi \left( \frac{\ell}{2} \right)^2$$

以上から、

$$\eta < \frac{k^2 \ell g^2 \tan^2 \theta}{8 \delta S}$$

と書くことができる。

この式で、光源の有効面積  $\delta S$  を  $1 \text{ mm}^2$  ( $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ )、アスペクト比の補正係数を  $k = 0.6$ 、画像形成の対角の長さを  $\ell g = 25.4 \text{ mm}$ 、画像形成部の光束開き角  $\theta = 8^\circ$  等を代入して計算してみると、効率  $\eta$  を 57% (取り込み角 35 度) 以下に設定しなければ、結合損失が発生することがわかる。従って、比較的有利と思われるこのような例からも、効率に余裕は全く無いことが読みとれる。以上、照明部の形状変換部分群として、インテグレータ方式を採用する場合においても、補助結像装置を有する取り込み角制御部分群、及び光束制御部分群の重要性が明らかとなった。

以上述べた概略の見積もり計算では、インテグレータを構成するレンズアレー 1 e, 1 f はそれぞれ同じ大きさのレンズアレーで形成されるものと仮定してきた。しかし、図 3 4 の様に、1 f の個々のレンズの大きさを、1 e 上での光束の開き角  $\phi$  ( $\gamma$ ) に応じて、その大きさを変化させることにより、多少の結合損失を防ぐことが可能である。このように、1 f 全体の大きさを一定に保ちながら、1 f 上の個々のレンズの大きさを変えるためには、1 e、1 f 間で主光線の角度の整合を取る必要がある。また、1 f 上での個々のレンズの配置を上手に行うことも必要である。

主光線の整合に関しては、1 e の個々のレンズを偏心させる方法、1 e の入射側の面を利用する方法、光束制御部分群でそのような角度をあらかじめ作り出す方法等が考えられる。いずれにしても、これらの方法は、インテグレータに光束制御部分群の役割を持たせることになる。図 3 4 は、2 枚のインテグレータで構成する場合であるが、適宜フィールドレンズを組み合わせることも可能である。

以上の説明からわかるように、形状変換部分群としてインテグレータを採用する場合、その前段階の光束制御部分群・及び取り込み角制御部分群の働きが重要であることがわかった。すなわち、開き角の大きさと開き角分布を最適化することで、インテグレータの機能が十分発揮できる。一方、前段階として単なる放物面鏡を利用した場合、レンズアレー 1 e, 1 f の間で結合損失が発生する。図 7 の様に、本発明の原理通りの制御を行うことで、結合損失を最低限にとどめることが可能となる。また、原理通りの構成でなくても、取り込み角の制御がきちんとして行われている場合には、上記のようにインテグレータに光束制御の機能を持たせ、1 e, 1 f の間で主光線と開き角分布の整合を図ることにより同等の効果を発揮させることができる。

次に結像部 3 の説明を行う。3 a は硝子の球面、3 b, 3 d, 3 e は合成樹脂の非球面レンズから構成される。この結像レンズは、4 枚構成という簡単な構成

ながら、画像表示装置2bの有効表示部の投影に必要な画角の約2倍の画角に対し収差補正がなされている。レンズのFナンバーは9.3（光束の取り込み角にして約6度）である。そして、50lp/mm以上の解像度を有する。更に、フィールドレンズ2cとともに光軸に垂直に移動できるように構成されている。このようにすることで、通常の投射画面に対し、図35の様に上下左右に自由に画面を動かすことが可能となる。

以上に説明したように、本発明によれば、スクリーン上に投写された画像の焦点深度が深くなり、均一照明、斜め投射・近距離拡大投射が比較的簡単な構成で可能となるとともに、明るく効率的な投写型ディスプレイ装置が提供できる。

また、照明部の改良により、光源から射出する光束の利用効率を高めることができ、さらに光束の利用効率を高めることができるとともに、光源等の要素の影響が直接画像に現れることを防ぎ、スクリーン上の2次画像の均一性を高めることができる。また、全体の大きさや構成の簡素化、コスト削減が可能となる。

さらにまた、照明部を比較的に見通し良く設計を進めることができると同時に高い精度の鏡面加工が可能となる。また、複雑な形状や非回転対称系を構成する際の基本的アイデアが提供される。そして、性能の向上とコスト削減を図ることができる。また、結像部の改良により、その大きさや重量等の軽減やコストの低減を図ることができるとともに、装置全体の小型化やコストの低減が可能となり、ピントや解像度の調節が可能となり、投影画像の簡略的な移動や解像度の調整が可能となり、斜め投射の際の投影画像の位置変更や投写装置の設置場所の自由度を大きく広げることができる。また、画像形成部の改良により、明るくコントラストの高い画像を得ることができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、投写型ディスプレイ装置、例えば液晶や、多数の小型ミラーを独立して駆動して画像を形成するデジタルマイクロミラーデバイスを使用した投射型ディスプレイ装置に利用することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 光源と、光源の仮想中心から発する主光線を受けてその取り込み立体角を制御する少なくとも1つの光学面を含む取り込み角制御部分群と、この部分群より射出する主光線の進行方向に横断的に設けられた仮想面上における主として主光線の空間的分布制御機能を有する光学面とこの面からの主光線を受けて主としてその方向を制御する機能を有する光学面の以上少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群とからなる照明部と、この照明部からの光束を選択的に反射または透過させることにより原画像を形成し画像形成に寄与する光束の開き角をその前後で大きく変化させることのない画像形成部と、この画像形成部から射出する光束を取り込みスクリーン上に2次画像を形成する結像部とから構成され、画像形成部の有効面積を $S$ 、光源が実効的に光束を発する有効面積を $\delta S$ 、画像形成部の各部から射出する光束に関し結像部が取り込む光束の開き角を $\phi$ とする時、下記の各条件

$$\frac{S}{\delta S} \geq 100, \phi \leq 8^\circ$$

を満足することを特徴とする投写型ディスプレイ装置。

2. 前記照明部の少なくとも1つの光学面を含む取り込み角制御部分群が、更に光源を物点かつ像点として作用する少なくとも1つの反射光学手段を含む少なくとも1つ以上の補助結像装置を別途備えることを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

3. 前記照明部の補助結像装置の結像装置としての倍率の大きさが1以上であることを特徴とする請求項2に記載の投写型ディスプレイ装置。

4. 前記照明部の光束制御部分群と前記画像形成部との間に、光束の形状を

画像形成部にほぼ近い形状に変換する少なくとも1つの光学面を含む形状変換部分群を設けたことを特徴とする請求項1、2または3に記載の投写型ディスプレイ装置。

5. 前記照明部の形状変換部分群がその表面に多数の曲面がレチクル状に形成された少なくとも2つの光学面を含むオプティカルインテグレートから構成されるとともに、取り込み角制御部分群に近い方の光学面の表面に形成された多数の曲面の一つ一つの外形形状が画像形成部の形状に略相似であることを特徴とする請求項4に記載の投写型ディスプレイ装置。

6. 前記照明部の少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群が、併せて光束の形状変換機能も有することを特徴とする請求項4に記載の投写型ディスプレイ装置。

7. 前記照明部の少なくとも2つの光学面を含む光束制御部分群の中、主として主光線の空間的分布制御機能を有する光学面が、併せて取り込み角制御機能も有することを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

8. 前記照明部の取り込み角制御部分群と光束制御部分群が共通の回転軸を有する回転対称面から構成されるとともに、回転軸を含む任意の断面内において、共通の回転軸上に設けられた光源の仮想中心から等立体角的に発せられる各主光線が光束制御部分群の射出側に設けられた仮想面を等面積的に分割するような曲面形状を光束制御部分群に含まれる各光学面が有することを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

9. 前記照明部の光束制御部分群に含まれ、主として主光線の方向制御機能を有する光学面が、その光学面を通過後の主光線が互いに平行となるような面形状を有することを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

10. 前記結像部が、少なくとも2枚の反射光学手段から構成されることを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。



11. 前記結像部の画像形成部に最も近く、かつ、結像作用を有する反射光学手段が、画像形成部から発せられる光束に対し凹面反射鏡の作用を有する反射光学手段より構成されることを特徴とする請求項10に記載の投写型ディスプレイ装置。

12. 前記結像部の少なくとも一部を前記画像形成部を基準面として、略、法線方向に相対的に移動可能としたことを特徴とする請求項10、または11に記載の投写型ディスプレイ装置。

13. 前記結像部の少なくとも一部を前記画像形成部を基準面として、傾斜可能としたことを特徴とする請求項10に記載の投写型ディスプレイ装置。

14. 前記結像部の少なくとも一部を前記画像形成部を基準面として、略平行方向に相対的に移動可能としたことを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

15. 前記画像形成部をポリマー分散型液晶で構成したことを特徴とする請求項1に記載の投写型ディスプレイ装置。

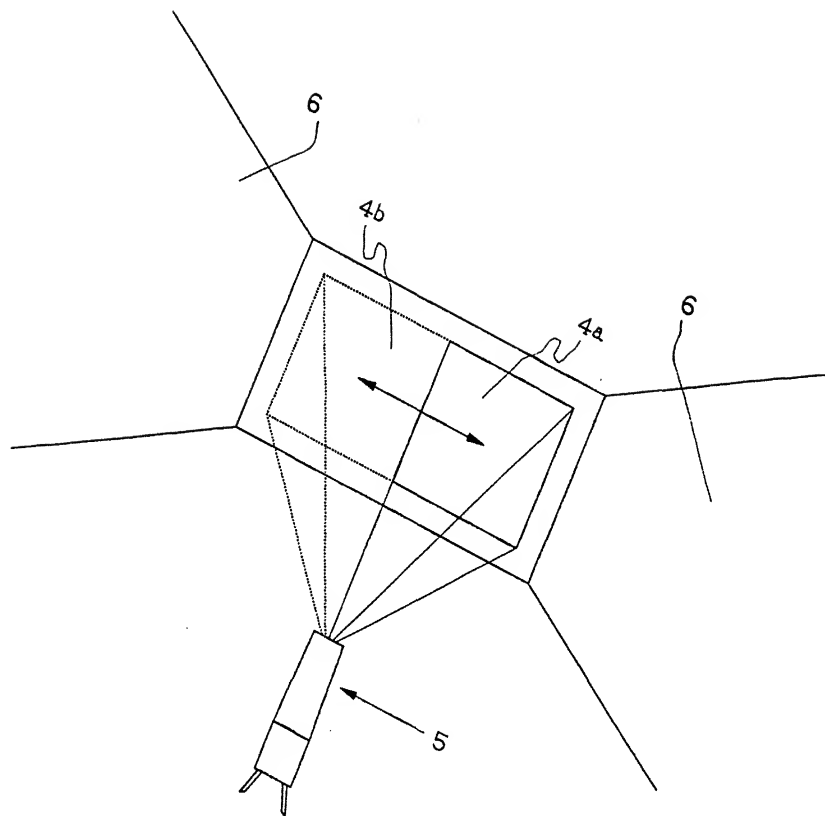


FIG. 1

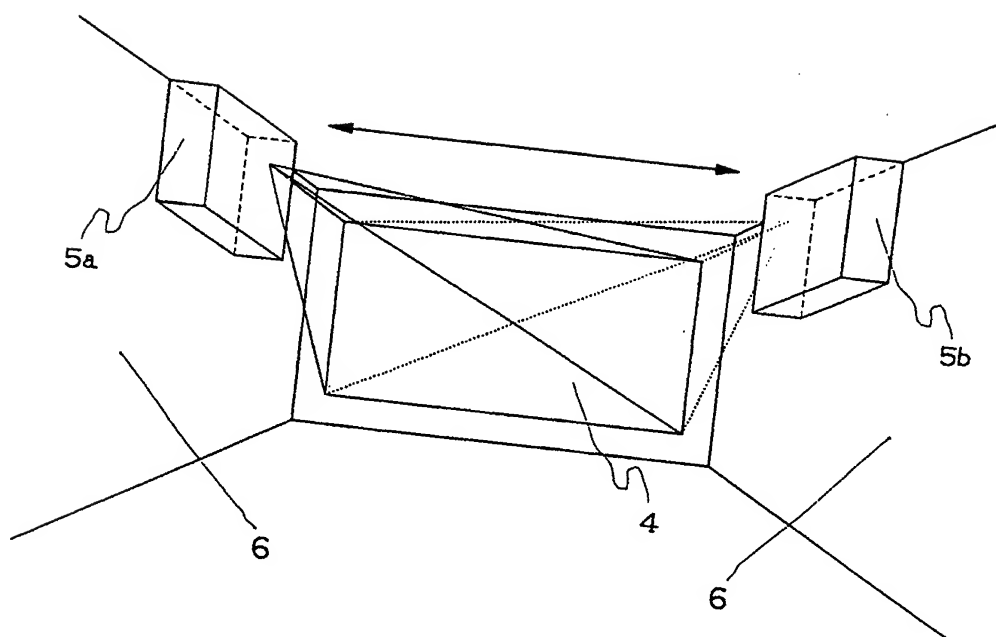
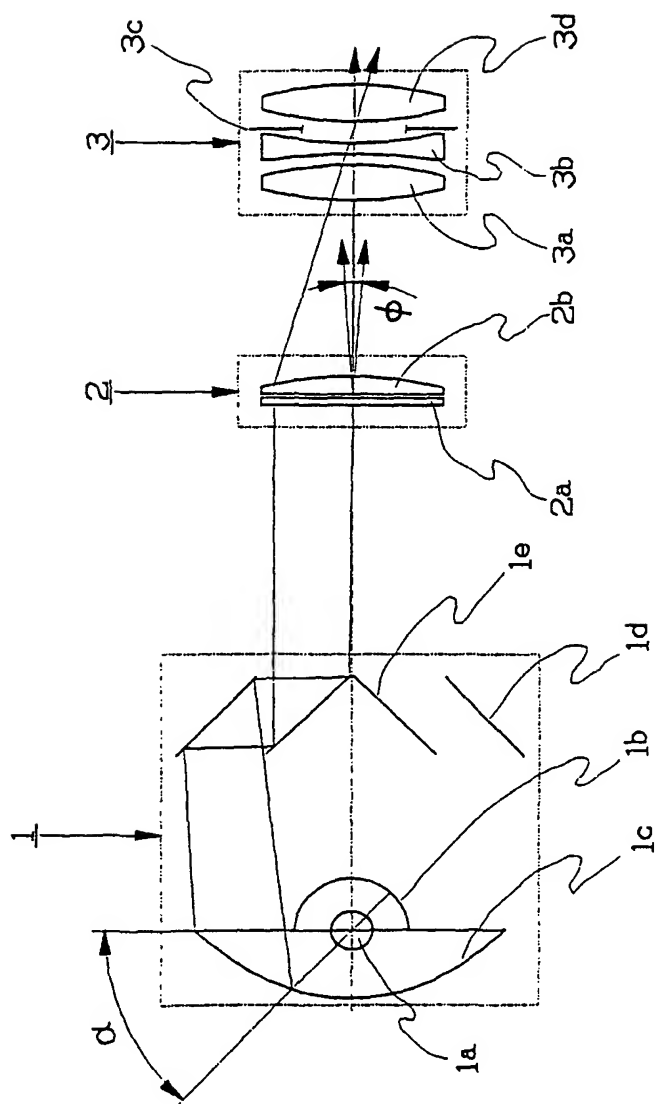


FIG. 2



365

4 / 31

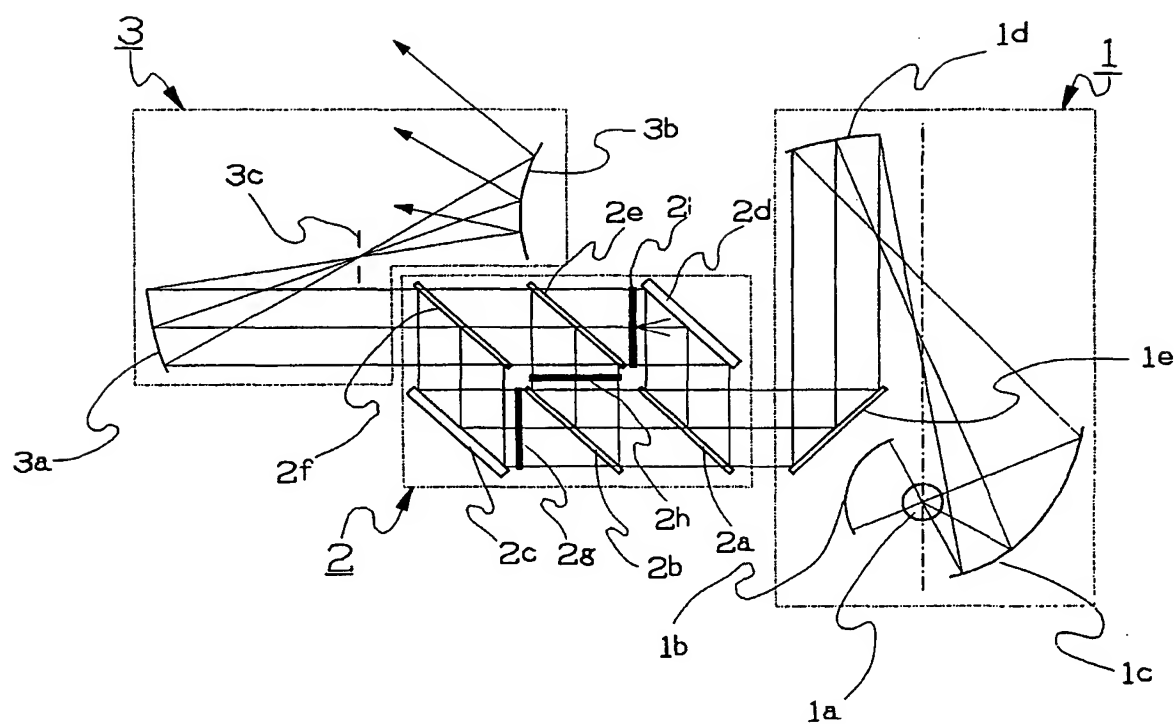


FIG. 4

5 / 31

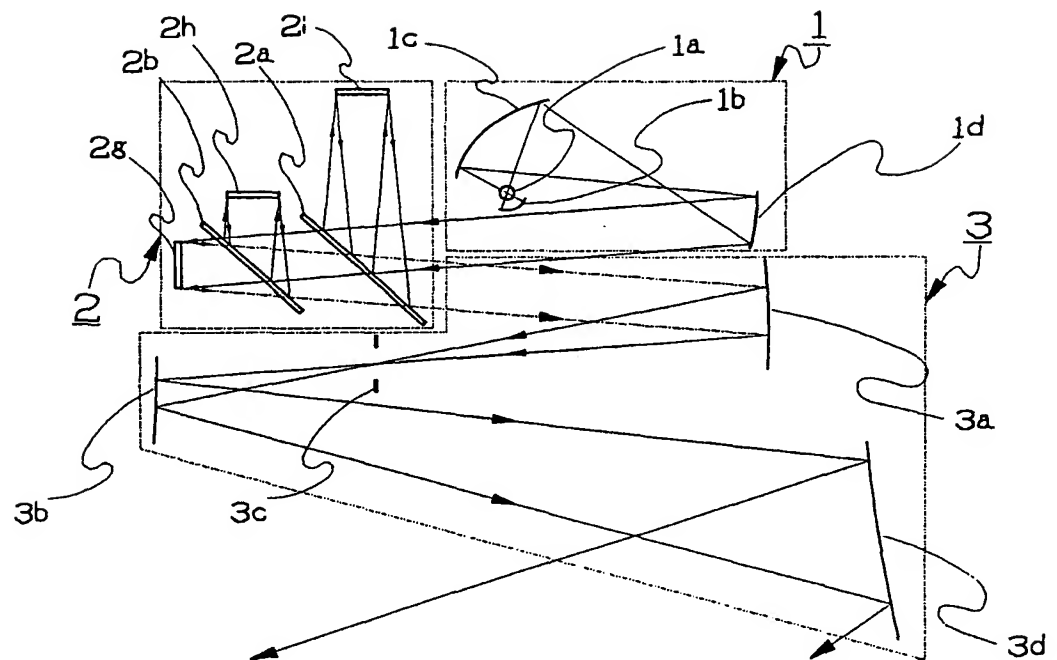


FIG. 5

6/31

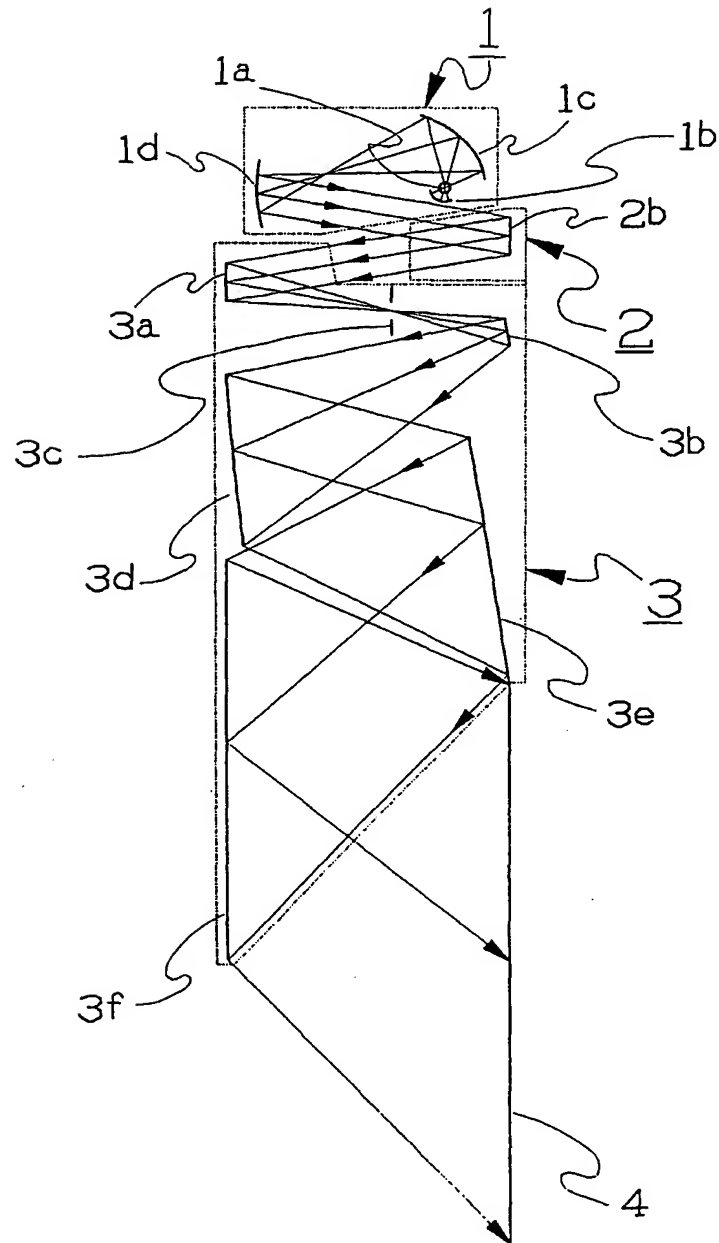


FIG. 6

7/31

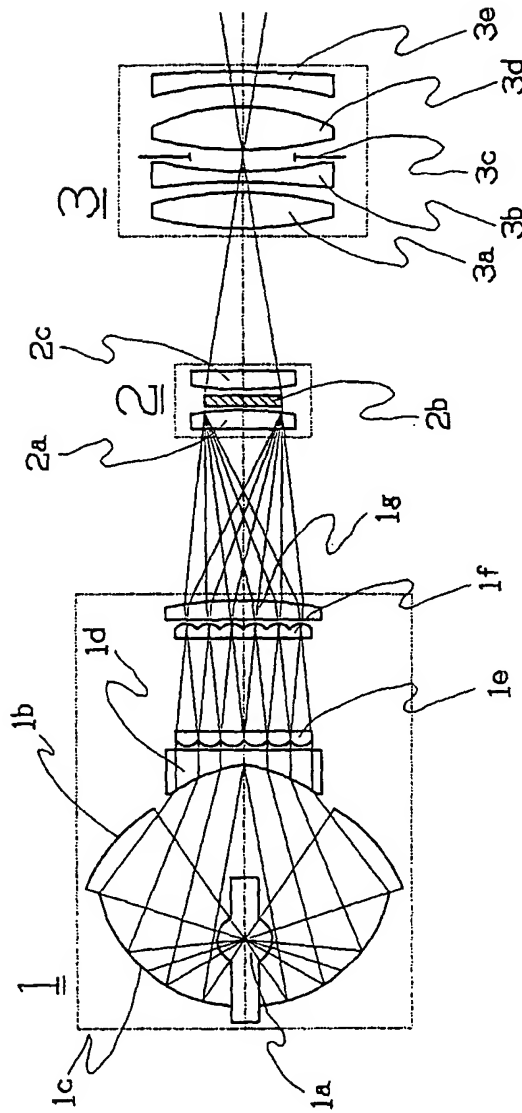


FIG. 7



8/31

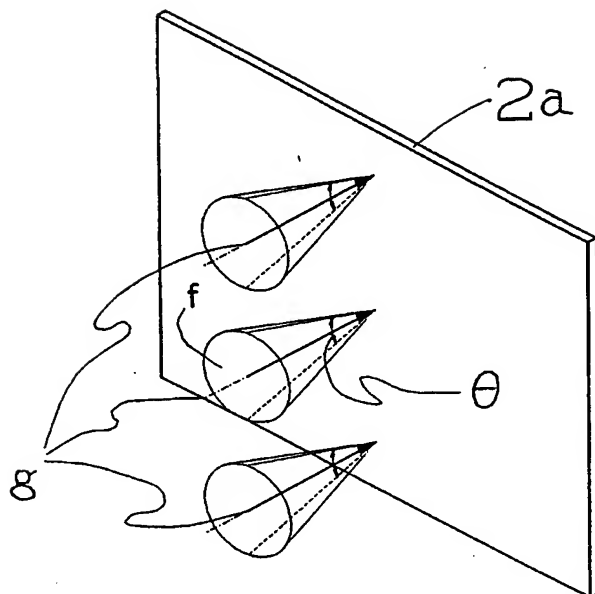


FIG. 8

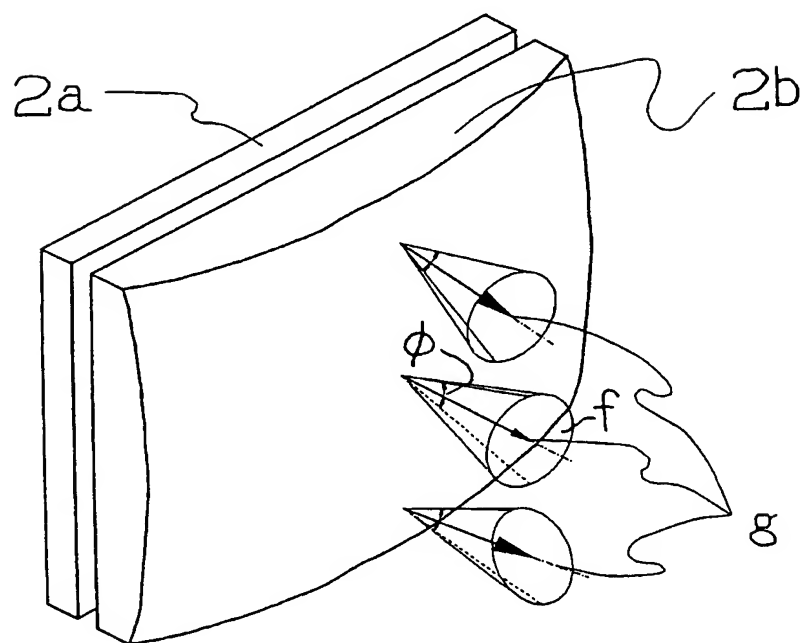


FIG. 9



10 / 31

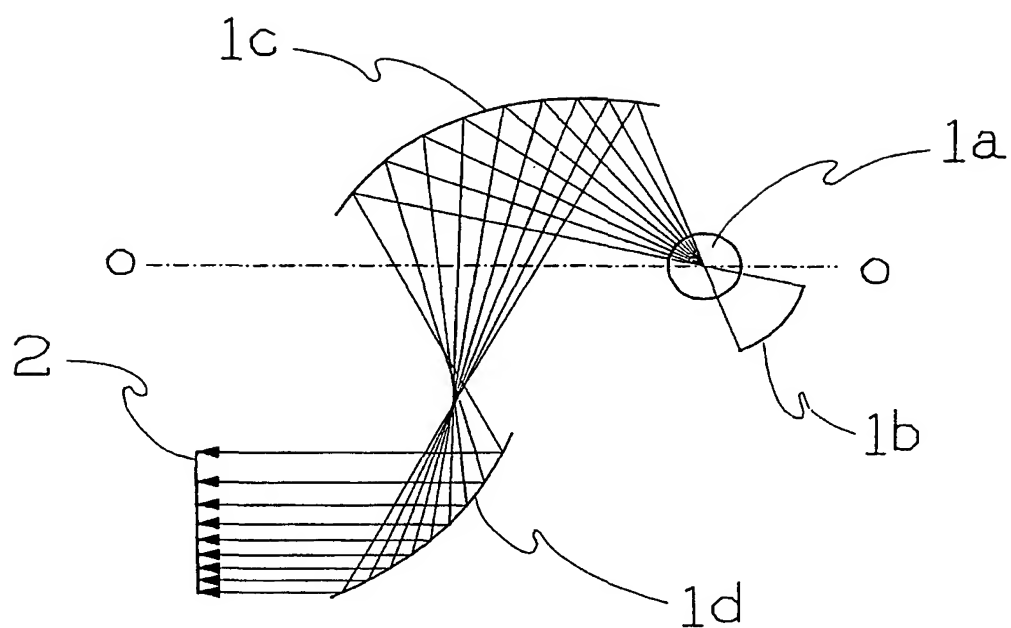


FIG. 12

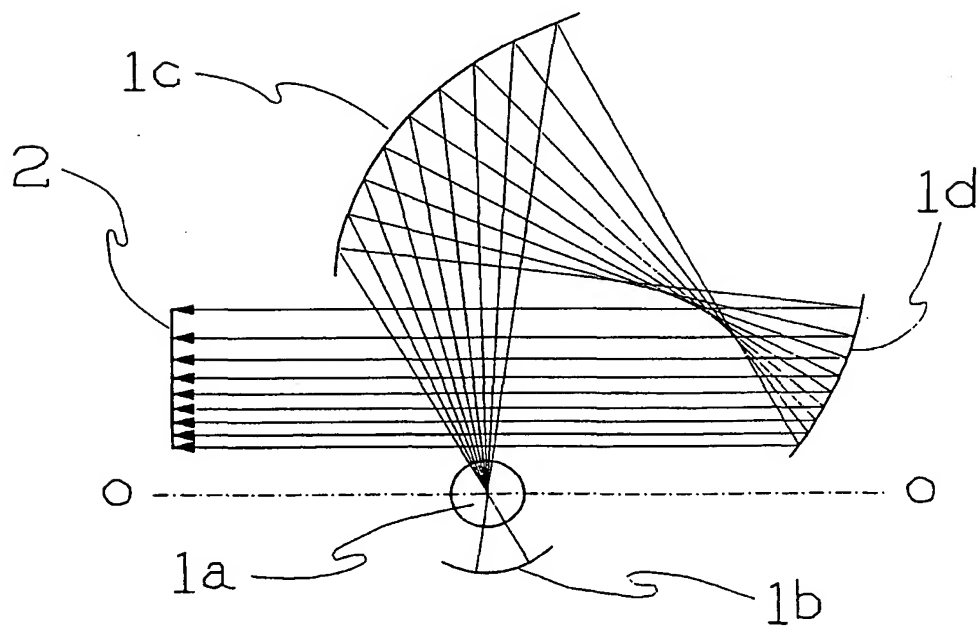


FIG. 13

11/31

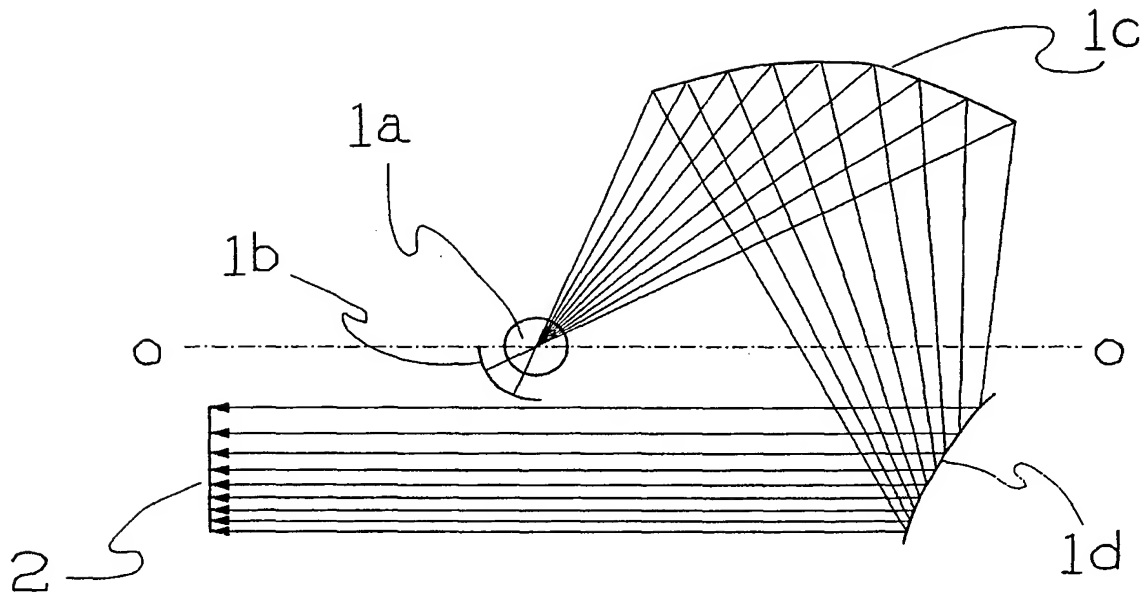


FIG. 14

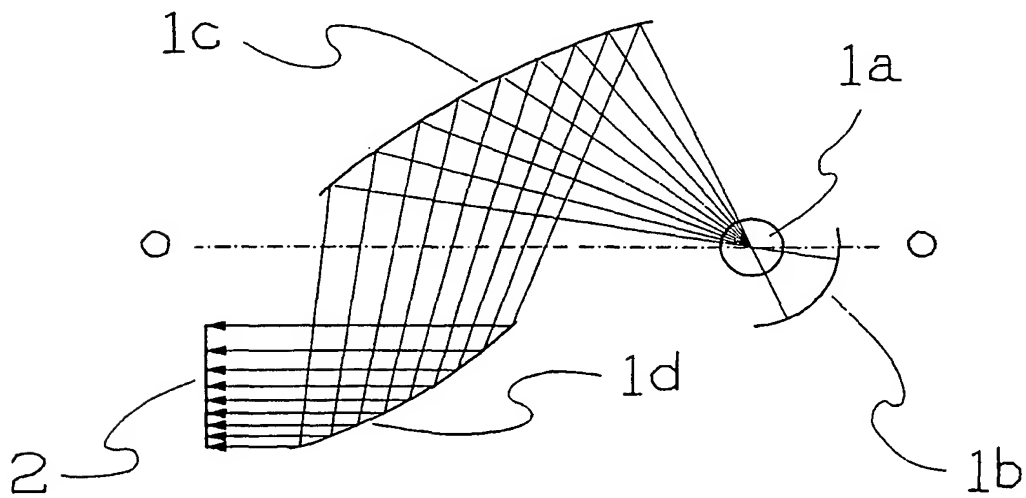


FIG. 15

12/31

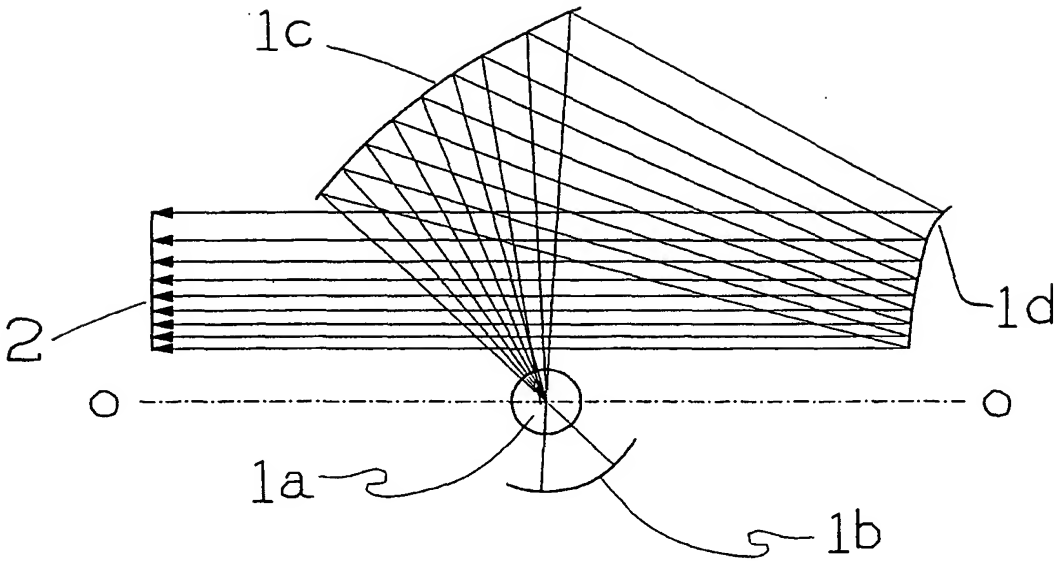


FIG. 16

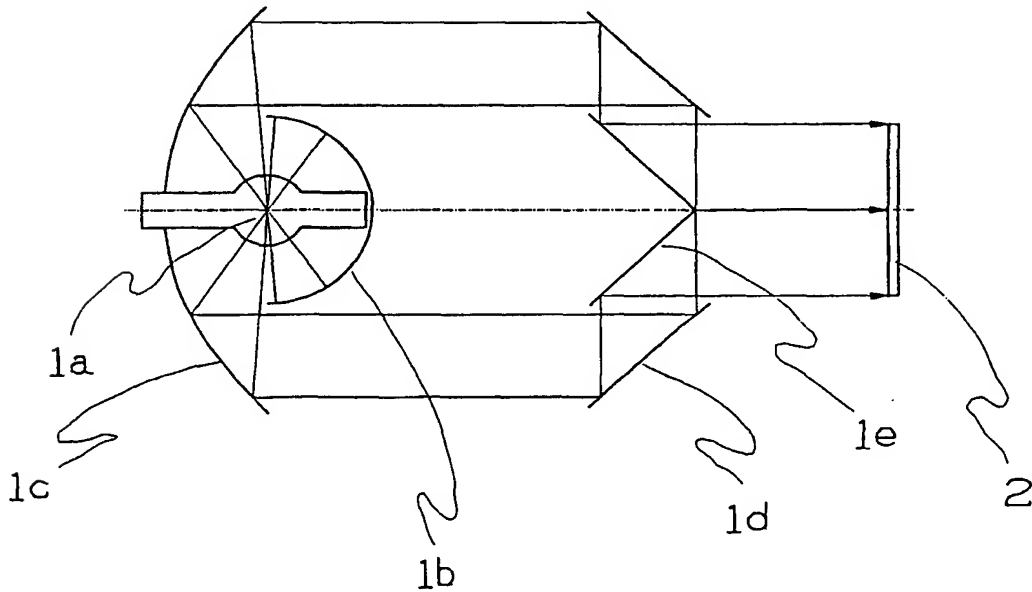


FIG. 17

13/31

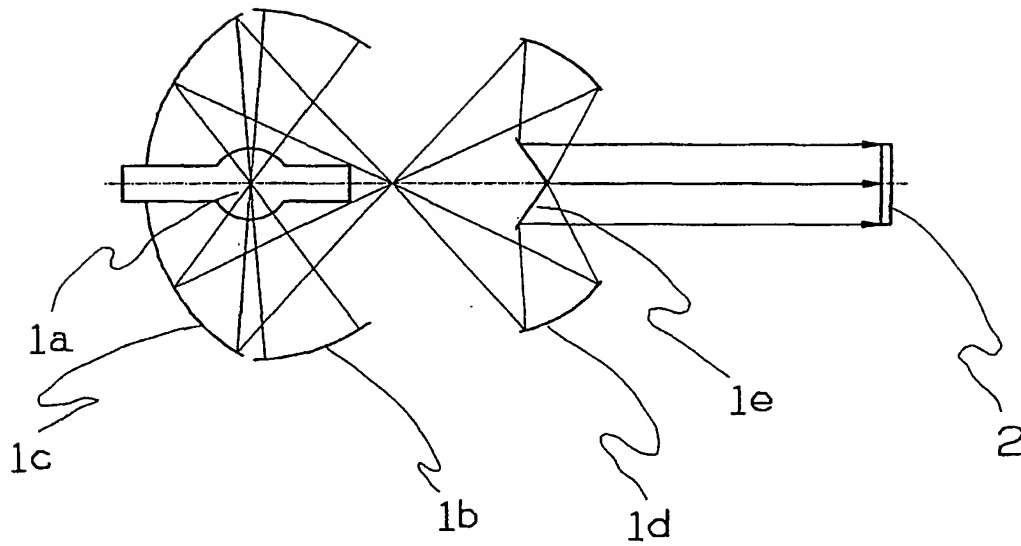


FIG. 18

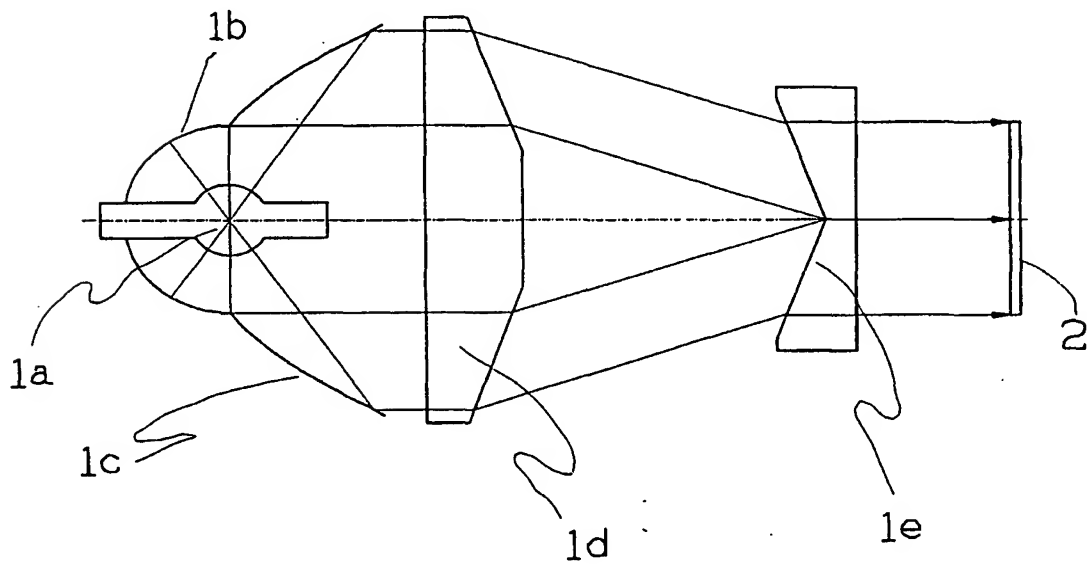


FIG. 19

14/31

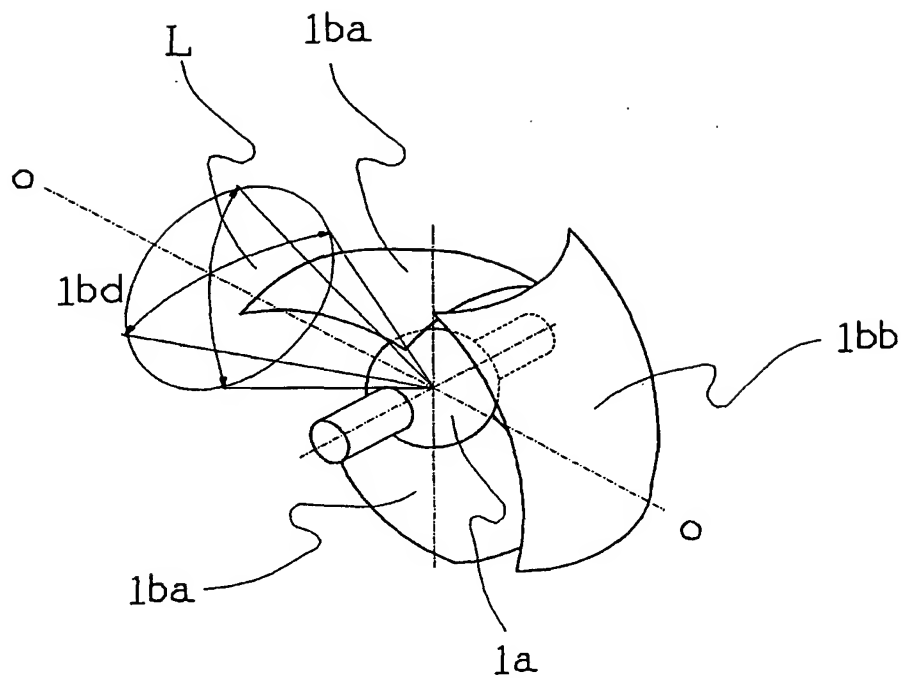


FIG. 20

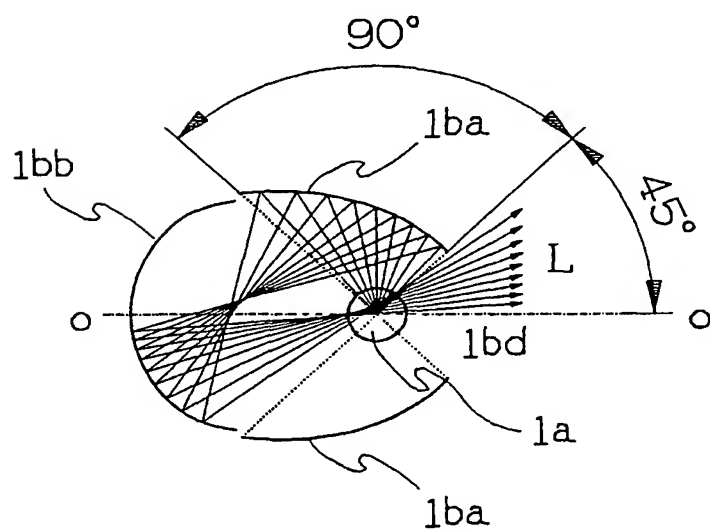


FIG. 21

15/31

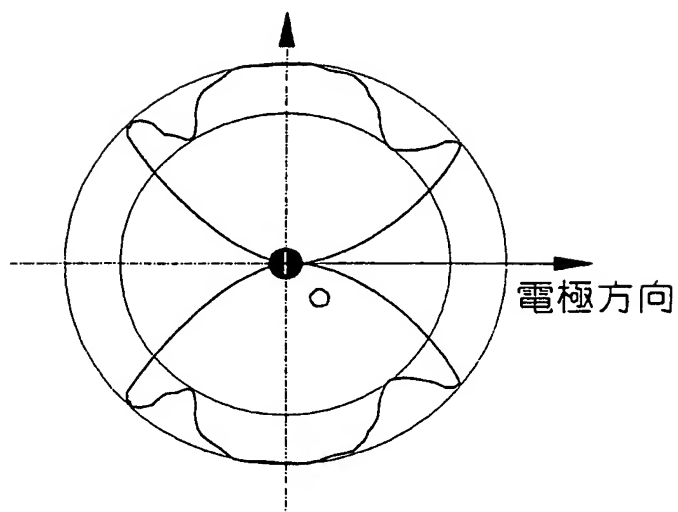


FIG. 22

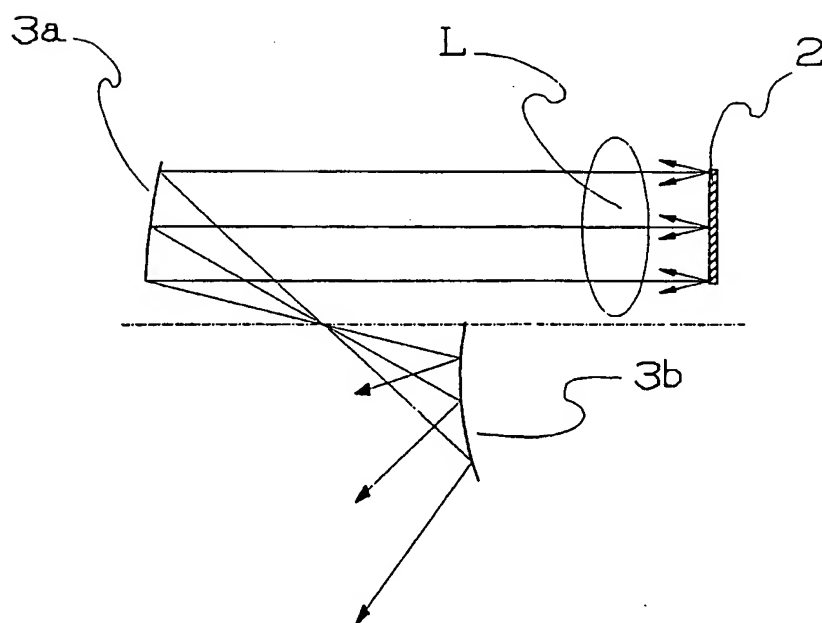


FIG. 23



16/31

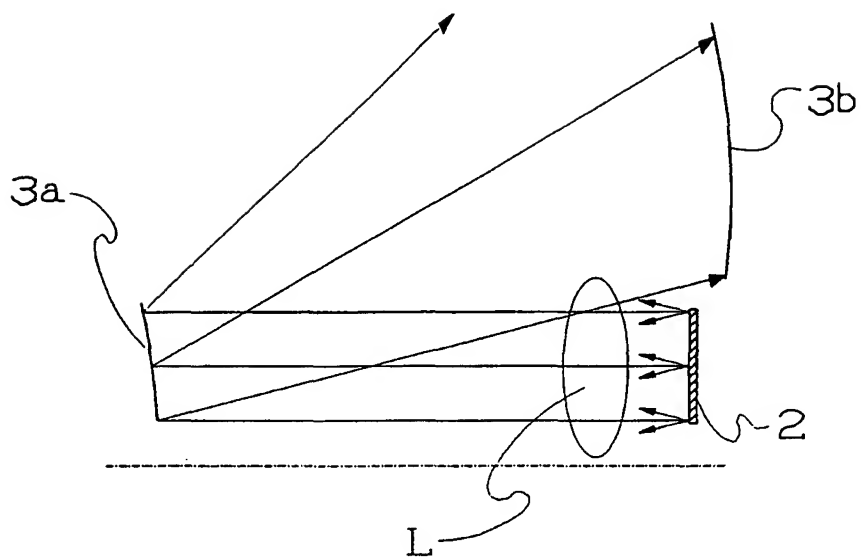


FIG. 24

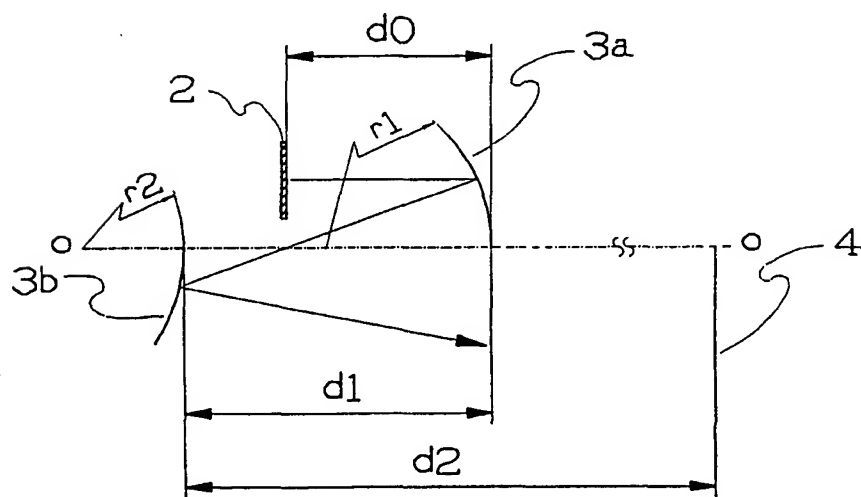


FIG. 25

17/31

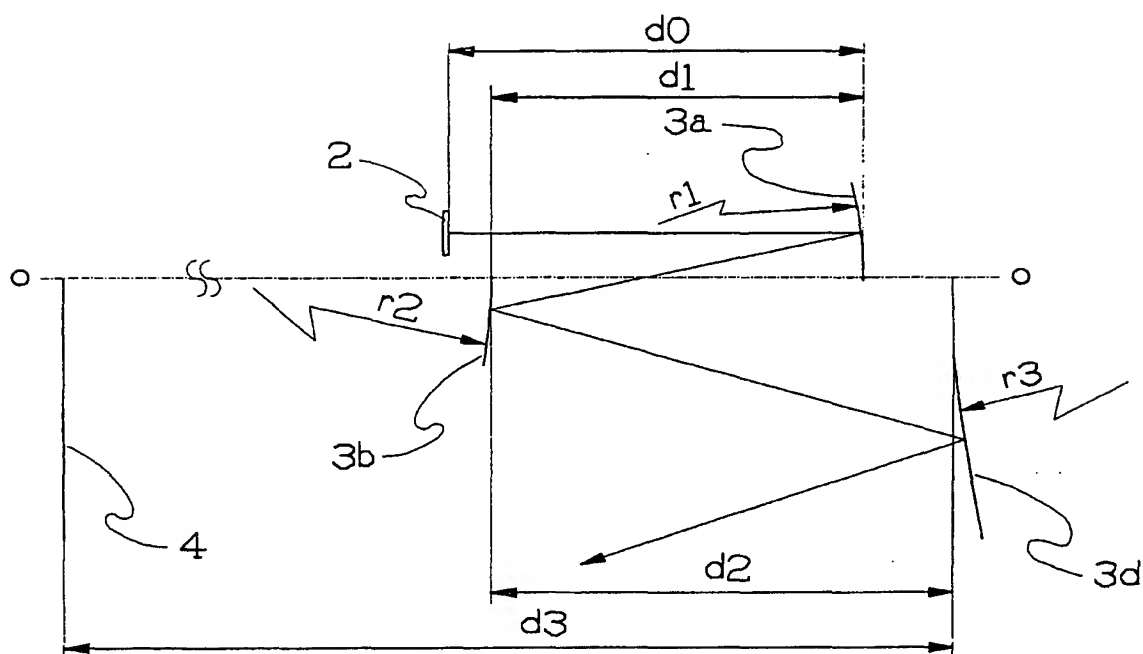


FIG. 26

18/31

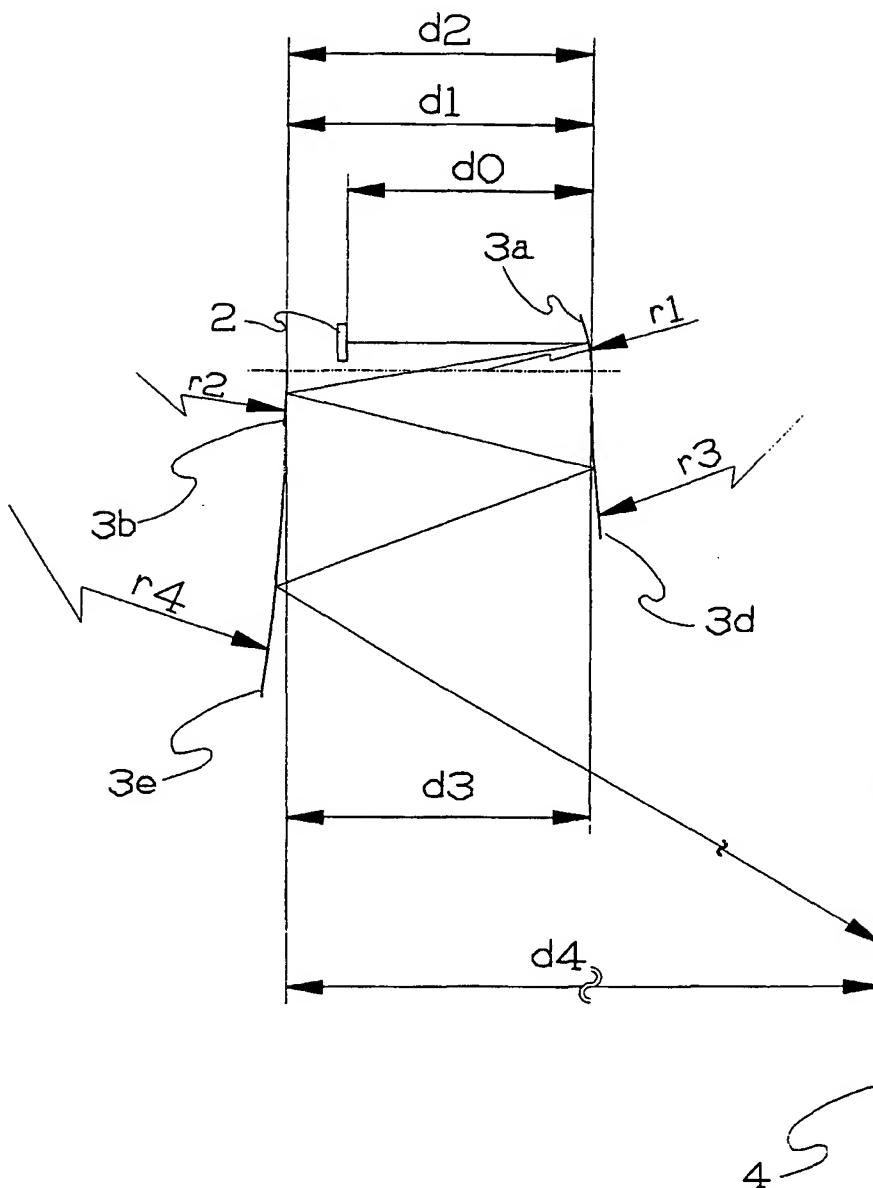


FIG. 27

19/31

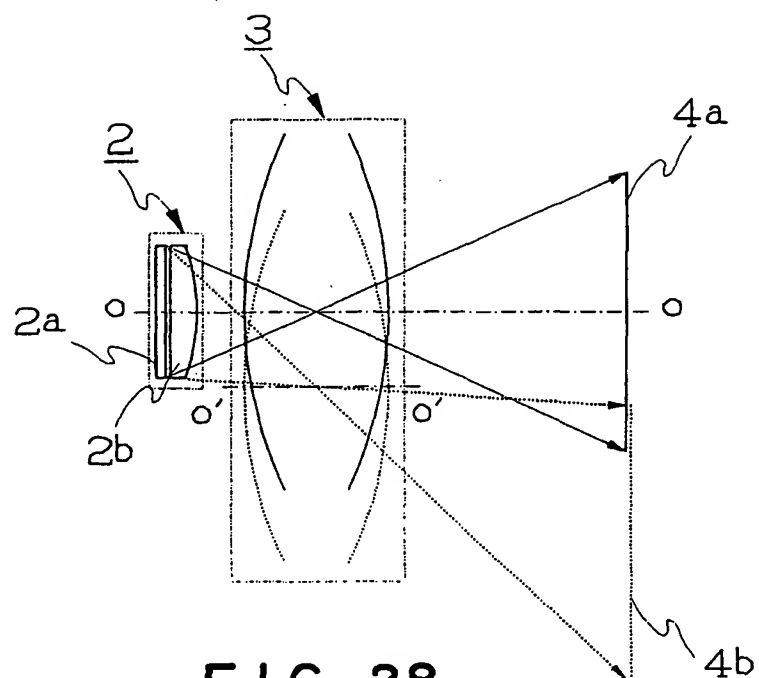


FIG. 28

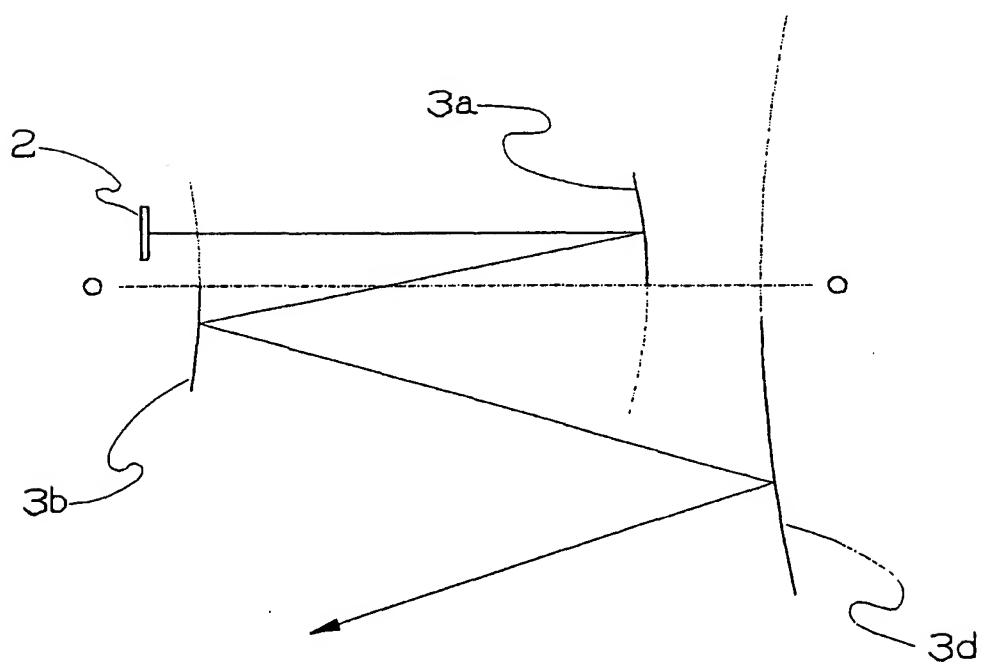


FIG. 29

20 / 31

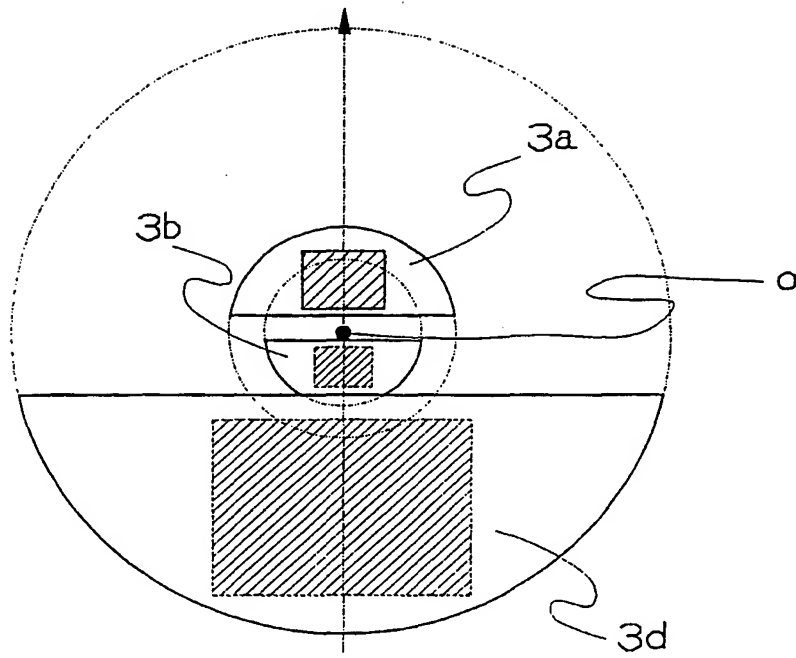


FIG. 30

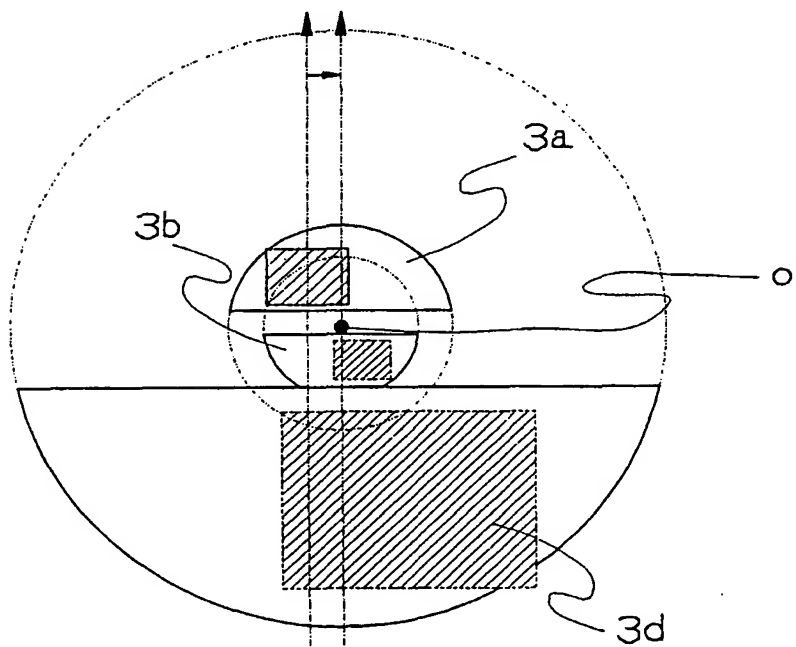


FIG. 31

21/31

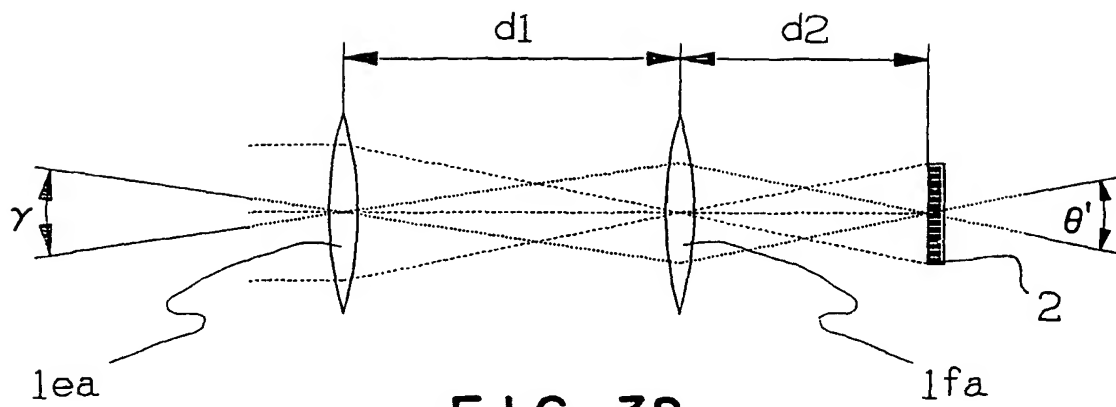


FIG. 32

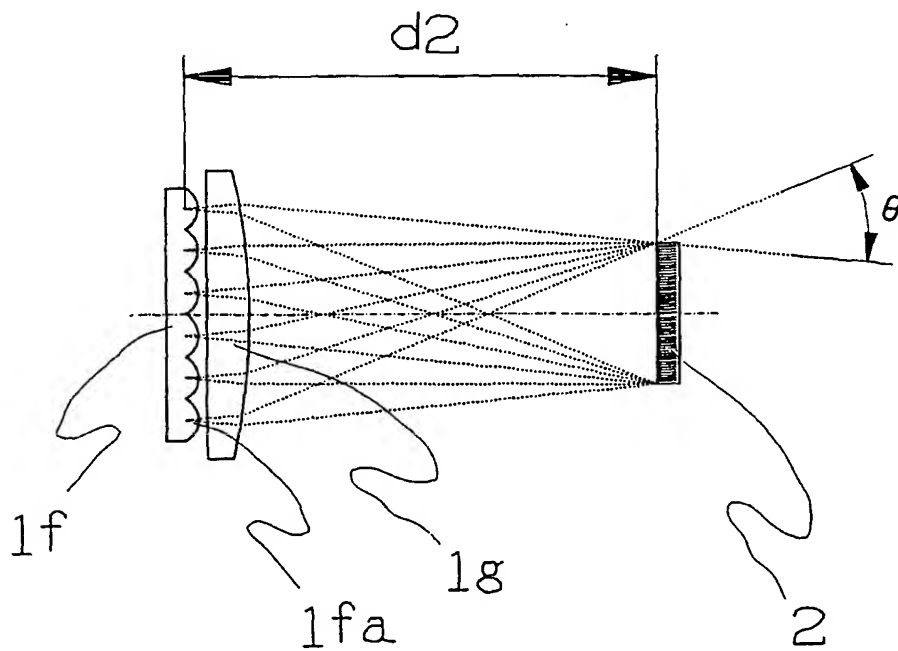


FIG. 33

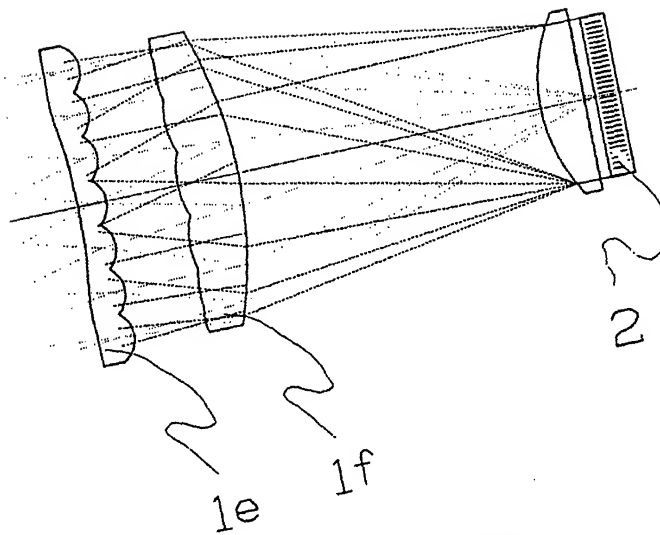


FIG. 34

23 / 31

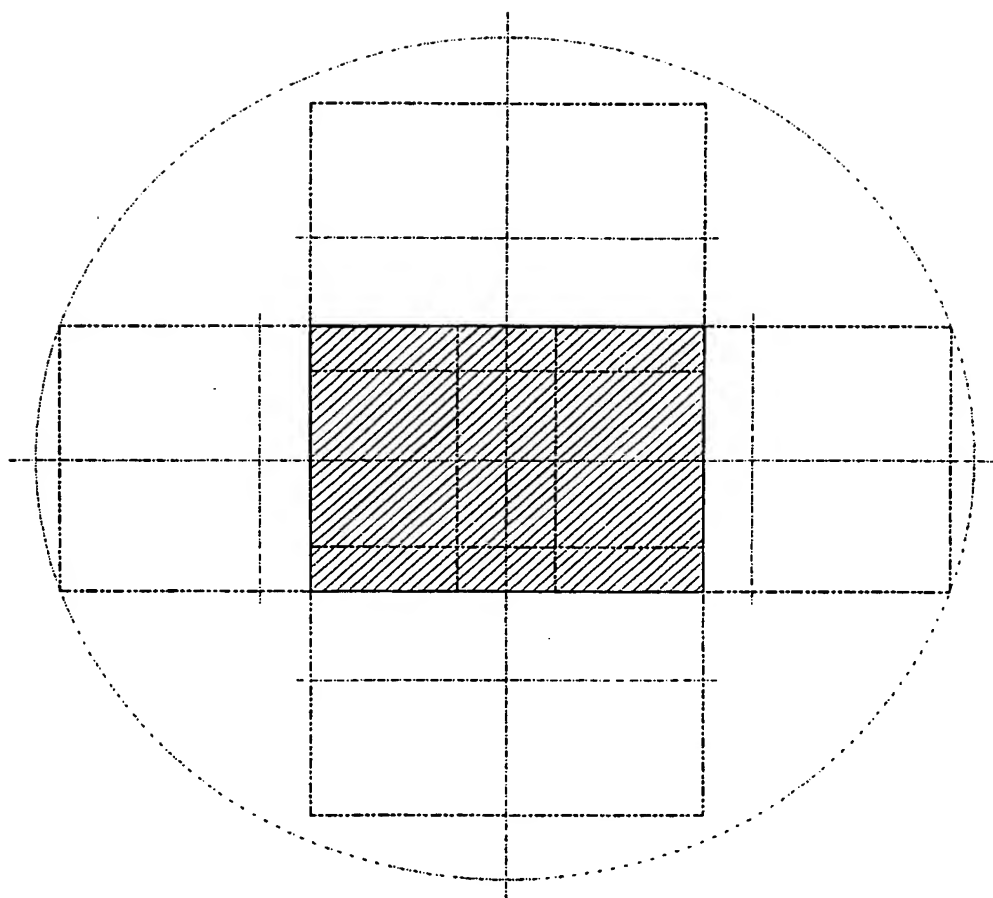


FIG. 35



24/31

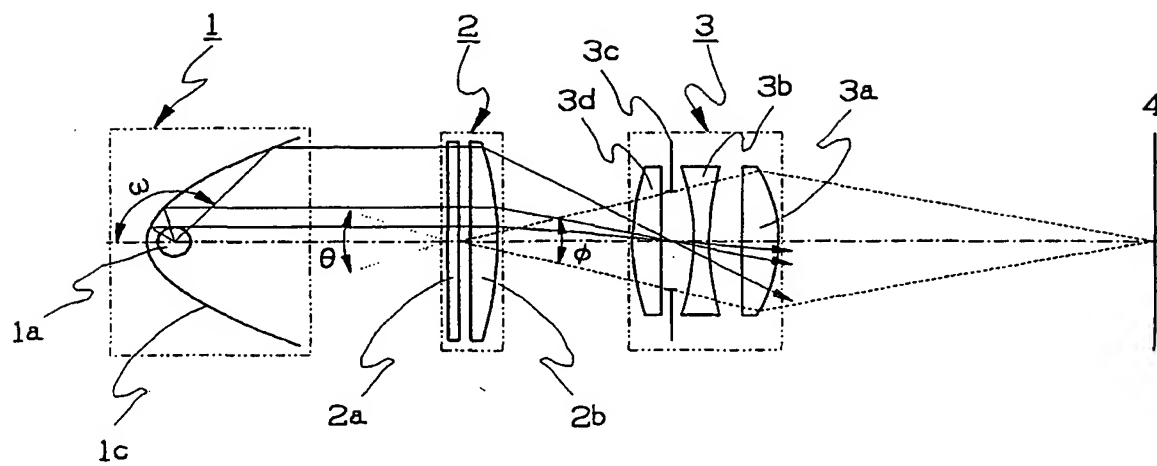


FIG. 36

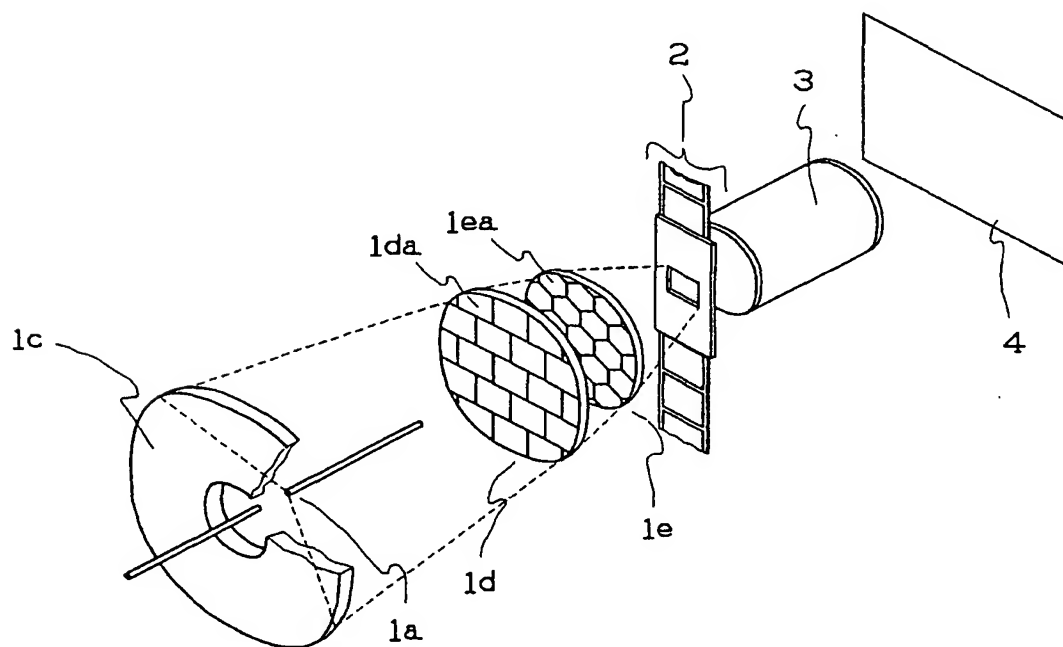


FIG. 37

25/31

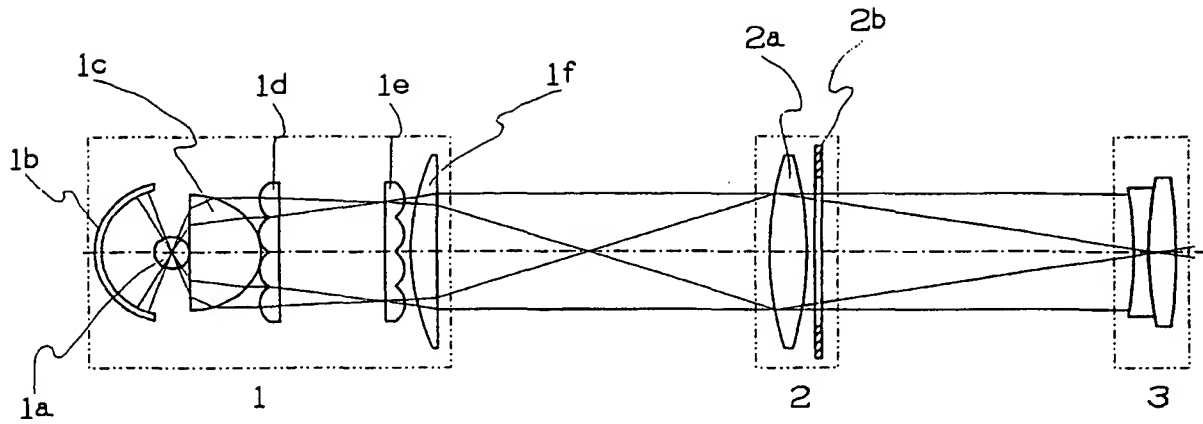


FIG. 38

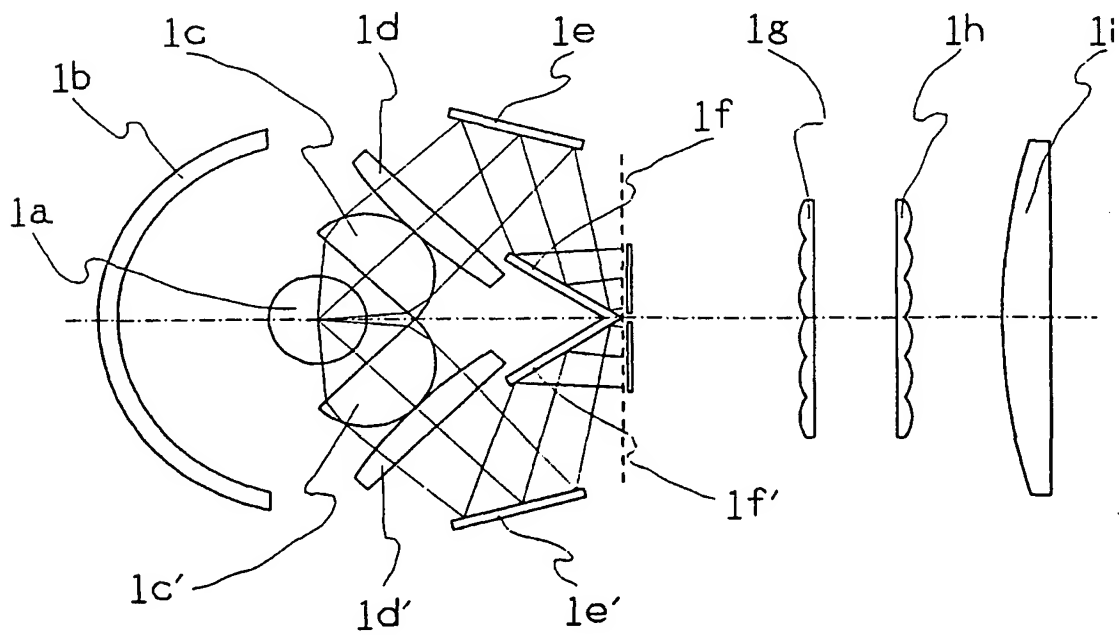


FIG. 39

26 / 31

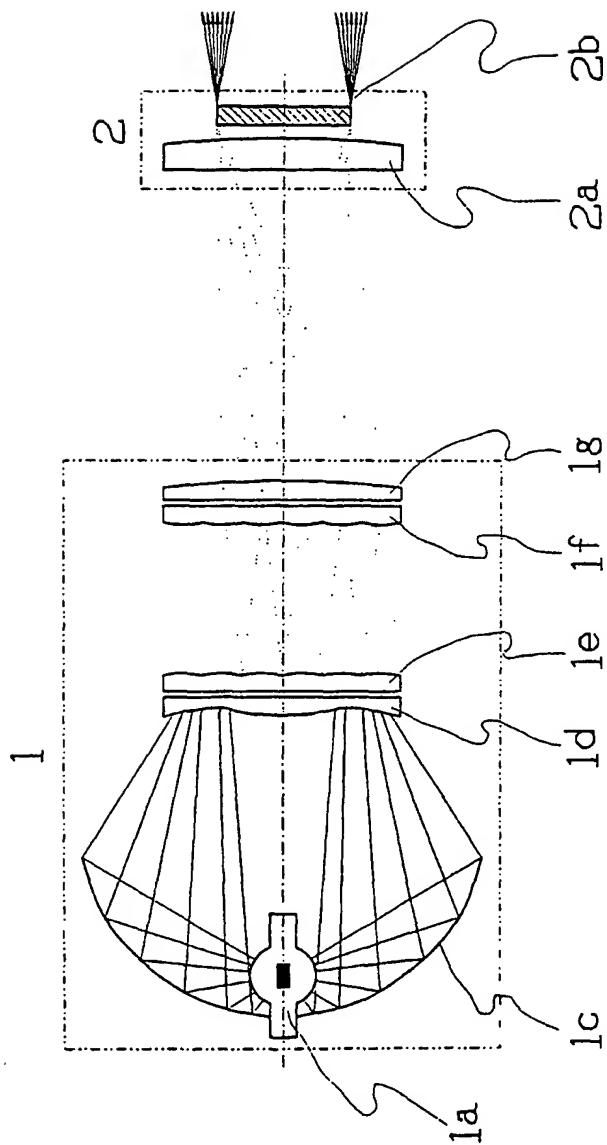


FIG. 40

27/31

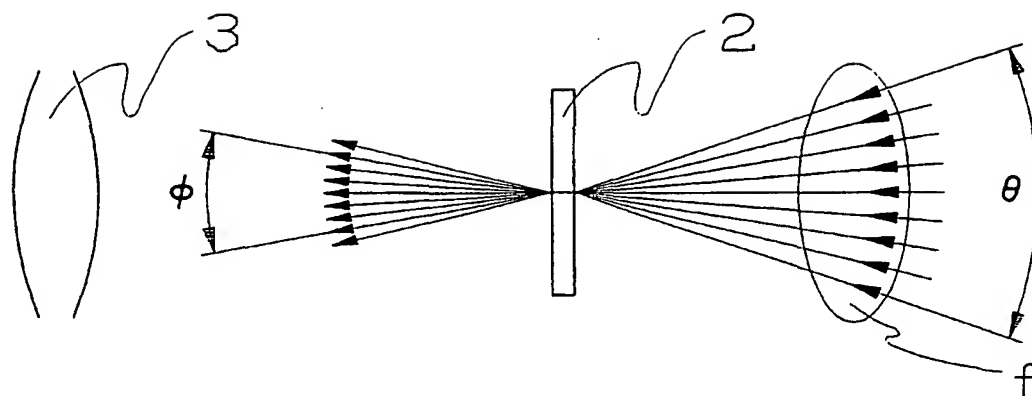


FIG. 41

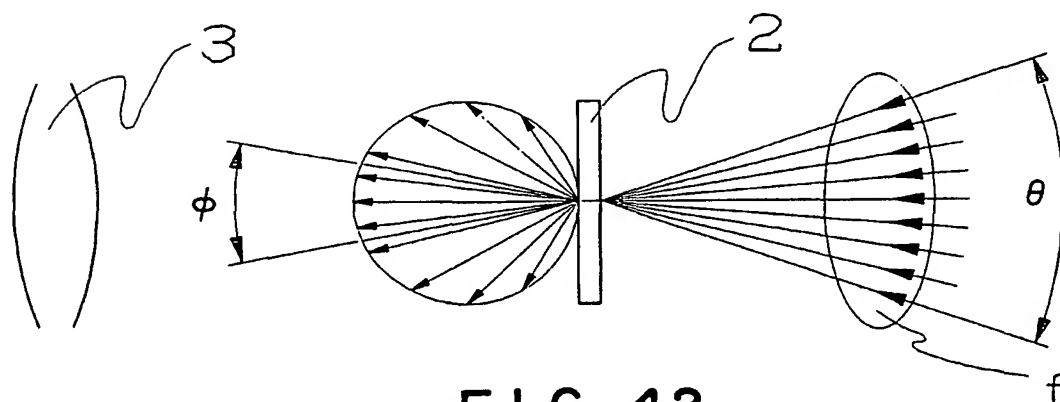


FIG. 42

28 / 31

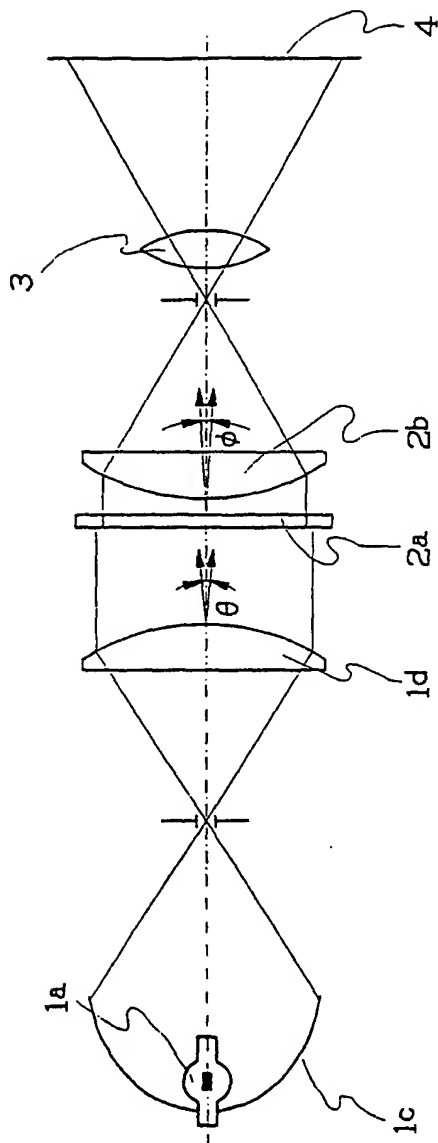


FIG. 43

29/31

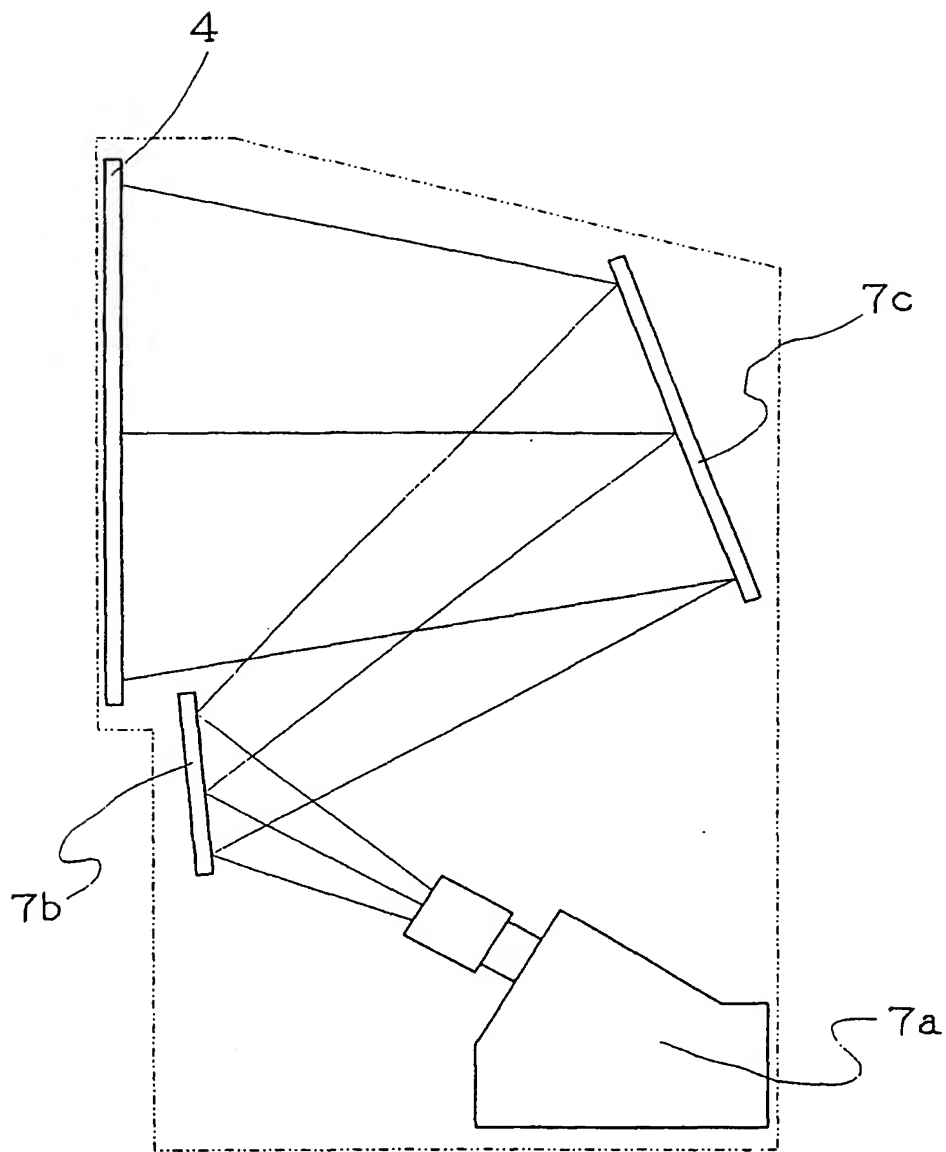


FIG. 44

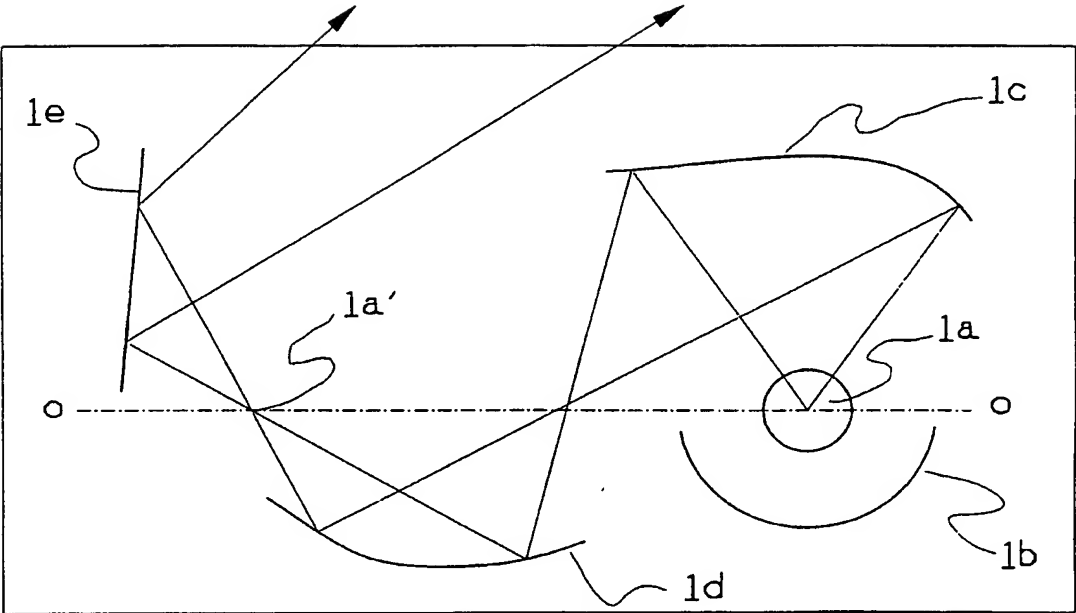


FIG. 45

31/31

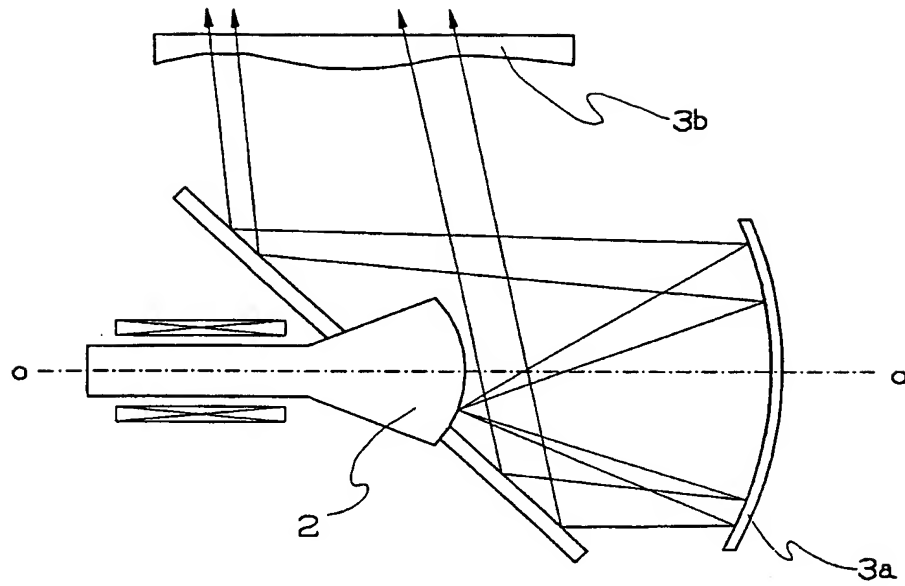


FIG. 46



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/01767

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
Int. C1 <sup>6</sup> G02B27/18, 19/00, G02F1/1335, G03B21/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Int. C1 <sup>6</sup> G02B27/18, 19/00, G02F1/1335, G03B21/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Jitsuyo Shinan Koho 1950 - 1996		
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 6-1295, B2 (Nissho Giken K.K.), January 5, 1994 (05. 01. 94) & WO, 8602466 (24. 04. 86), A1 & AU, 4951285, A1 (02. 05. 86) & EP, 196335, A1 (08. 10. 86) & US, 4765733, A (23. 08. 88)	1 - 15
A	JP, 7-174974, A (Seiko Epson Corp.), July 14, 1995 (14. 07. 95) (Family: none)	1 - 15
A	JP, 2-195319, A (Seiko Epson Corp.), August 1, 1990 (01. 08. 90) (Family: none)	1 - 15
A	JP, 7-181392, A (Seiko Epson Corp.), July 21, 1995 (21. 07. 95) (Family: none)	1 - 15
A	JP, 5-203903, A (Canon Inc.), August 13, 1993 (13. 08. 93) (Family: none)	15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search September 13, 1996 (13. 09. 96)		Date of mailing of the international search report September 24, 1996 (24. 09. 96)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> G02B 27/18、19/00、G02F 1/1335、G03B 21/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> G02B 27/18、19/00、G02F 1/1335、G03B 21/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1950-1996

日本国公開実用新案公報 1971-1996

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 6-1295, B2 (日照技研株式会社) 5, 1月, 1994 (05. 01. 94) & WO, 8602466 (24. 04. 86), A1 & AU, 4951285, A1 (02. 05. 86) & EP, 196335, A1 (08. 10. 86) & US, 4765733, A (23. 08. 88)	1-15
A	J P, 7-174974, A (セイコーエプソン株式会社) 14, 7月, 1995 (14. 07. 95) (ファミリーなし)	1-15
A	J P, 2-195319, A (セイコーエプソン株式会社) 1, 8月, 1990 (01. 08. 90) (ファミリーなし)	1-15
A	J P, 7-181392, A (セイコーエプソン株式会社) 21, 7月, 1995 (21. 07. 95) (ファミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 09. 96

国際調査報告の発送日

24.09.96

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

津田 俊明

電話番号 03-3581-1101 内線 3254

2K

7625

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 5-203903, A (キャノン株式会社) 13, 8月, 1993 (13. 08. 93) (ファミリーなし)	15